



FINAL PROJECT

**PORCINE GELATINE DETECTION USING
GOLD SENSING MODIFIED WITH $\text{Ni}(\text{OH})_2$
ANHYDRATE NANOPARTICLES BY *QUARTZ*
*CRYSTAL MICROBALANCE***

RANGGA AJI BASKARA
NRP 1411 100 002

Supervisor
Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.

DEPARTMENT OF CHEMISTRY
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015



TUGAS AKHIR

**DETEKSI GELATIN BABI MENGGUNAKAN
SENSOR EMAS TERMODIFIKASI
NANOPARTIKEL $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ANHIDRAT PADA
*QUARTZ CRYSTAL MICROBALANCE***

RANGGA AJI BASKARA
NRP 1411 100 002

Pembimbing
Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si

JURUSAN KIMIA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015

**DETEKSI GELATIN BABI MENGGUNAKAN
SENSOR EMAS TERMODIFIKASI NANOPARTIKEL
 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ANHIDRAT PADA *QUARTZ CRYSTAL*
*MICROBALANCE***

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada

Program Studi S-1 Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

RANGGA AJI BASKARA

NRP. 1411 100 002

JURUSAN KIMIA

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

2015

**DETEKSI GELATIN BABI MENGGUNAKAN
SENSOR EMAS TERMODIFIKASI NANOPARTIKEL
 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ANHIDRAT PADA *QUARTZ CRYSTAL*
*MICROBALANCE***

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains

Pada

Program Studi S-1 Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

RANGGA AJI BASKARA

NRP. 1411 100 002

JURUSAN KIMIA

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

2015

LEMBAR PENGESAHAN

DETEKSI GELATIN BABI MENGGUNAKAN SENSOR EMAS TERMODIFIKASI NANOPARTIKEL $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ANHIDRAT PADA *QUARTZ CRYSTAL* *MICROBALANCE*

SKRIPSI

Disusun Oleh:

RANGGA AJI BASKARA
NRP. 1411 100 002

Surabaya, 21 Mei 2015

Disetujui oleh Dosen Pembimbing,



Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.
NIP. 19740428 199802 1 001

Mengetahui :
Ketua Jurusan Kimia,



Hamzah Fansuri, M.Si, Ph.D
NIP. 19691017 199412 1 001

DETEKSI GELATIN BABI MENGGUNAKAN SENSOR EMAS TERMODIFIKASI NANOPARTIKEL $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ANHIDRAT PADA *QUARTZ CRYSTAL MICROBALANCE*

Nama : Rangga Aji Baskara
NRP : 1411100002
Jurusan : Kimia FMIPA-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.

Abstrak

Sensor Quartz Crystal Microbalance (QCM) emas berlapis $\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhidrat telah berhasil dibuat. $\text{Ni}(\text{OH})_2$ disintesis menggunakan metode pengendapan secara elektrokimia. Selanjutnya untuk menempelkan $\text{Ni}(\text{OH})_2$ dilakukan pelapisan polianilin pada permukaan *probe* QCM. Pelapisan polianilin pada permukaan *probe* QCM dilakukan menggunakan metode siklik voltametri. $\text{Ni}(\text{OH})_2$ dilapiskan pada permukaan *probe* QCM dengan metode *layer by layer*. Selanjutnya *probe* QCM dipanaskan untuk mengubah $\text{Ni}(\text{OH})_2$ menjadi $\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhidrat. Kemudian QCM dicelupkan disertai penerapan metode siklik voltametri dalam larutan gelatin sapi dan larutan gelatin babi untuk menguji perbedaan gelatin sapi dan gelatin babi. Sensor tersebut dapat mendeteksi adanya perbedaan jenis gelatin dalam larutan. LOD (*Limit of Detection*) sensor yang telah dibuat adalah 25 ppm.

Kata Kunci: *Gelatin, Babi, Sapi, Quartz Crystal Microbalance, Potensiostat, Elektrolisis.*

**PORCINE GELATINE DETECTION USING GOLD
SENSING MODIFIED WITH $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ANHYDRATE
NANOPARTICLES BY QUARTZ CRYSTAL
MICROBALANCE**

Name : Rangga Aji Baskara
NRP : 1411100002
Major : Kimia FMIPA-ITS
Supervisor : Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.

Abstract

$\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhydrate modified gold Quartz Crystal Microbalance (QCM) has been successfully prepared. $\text{Ni}(\text{OH})_2$ was synthesized by electrolysis method. Polyaniline (PANI) was layered onto QCM probe surface to attach $\text{Ni}(\text{OH})_2$. PANI was layered onto QCM probe surface by cyclic voltammetry method. $\text{Ni}(\text{OH})_2$ was layered to QCM probe by dipping the probe in the colloidal suspension of $\text{Ni}(\text{OH})_2$ for 5 minutes. After that the probe is heated to change $\text{Ni}(\text{OH})_2$ to be $\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhydrate. Sensor was used to test the differences between porcine and bovine gelatin by dipping the QCM and applying cyclic voltammetry method. By this method, sensor prepared can be used to differentiate the type of gelatin solution. Limit of Detection (LOD) of the sensor prepared is 25 ppm.

Keywords : Gelatin, Porcine, Bovine, Quartz Crystal Microbalance, Potensiostat, Electrolysis.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah penulis ucapkan kepada Allah Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan naskah rancangan tugas akhir berjudul Deteksi Gelatin Babi Menggunakan Sensor Emas Termodifikasi Nanopartikel $\text{Ni}(\text{OH})_2$ Anhidrat Pada QCM. Naskah ini tidak akan terwujud tanpa dorongan, bantuan, dan arahan berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pembimbingan dan pengarahan selama proses penyusunan naskah kolokium ini.
2. Drs. Djoko Hartanto, M.Si, selaku dosen wali atas pengarahannya dalam pemberian wawasan tentang bidang-bidang kimia.
3. Orang tua, dua adik saya serta orang-orang terdekat yang telah memberikan dukungan, dorongan, serta doa.
4. Teman-teman Laboratorium (Khususnya Nadhifah, Ari Nugroho dan Lourentia Candle) atas motivasi yang diberikan secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis mengakui, bahwa naskah ini masih sangat banyak memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran-saran yang bersifat membangun. Semoga naskah ini dapat menginspirasi bagi pihak-pihak lain yang sedang menekuni bidang yang sama.

Surabaya, 21 Mei 2015

Penulis

DAFTAR ISI

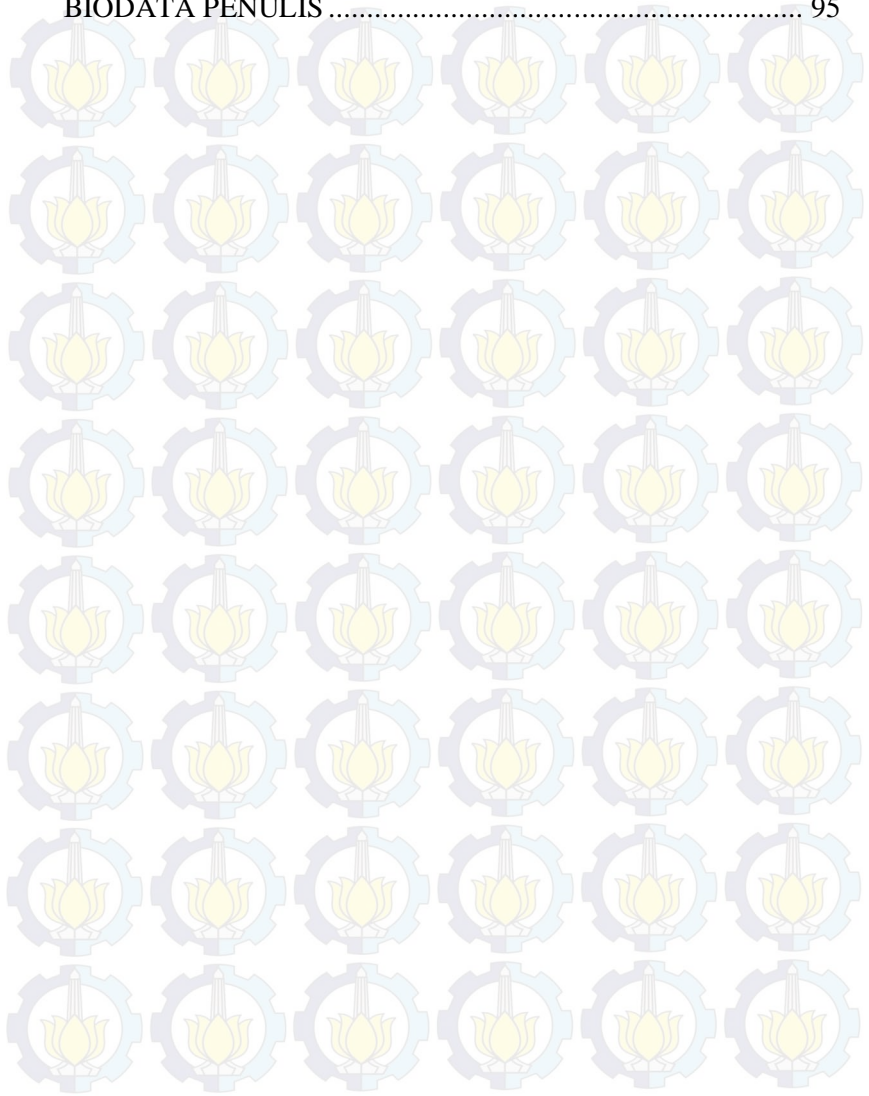
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
Abstrak.....	v
<i>Abstract</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sensor.....	5
2.1.1. Sensor Kimia.....	5
2.1.2. Klasifikasi Sensor.....	5
2.1.3. Quartz Crystal Microbalance (QCM).....	6
2.1.3.1. Piezoelektrisitas.....	7
2.1.3.2. Electrochemical Quartz Crystal Microbalance (EQCM) dan Kalibrasi QCM.....	8
2.1.3.3. Dasar-Dasar Elektrolisis.....	10
2.1.3.4. Aplikasi QCM.....	11
2.1.3.5. Prosedur Pemasangan QCM.....	11
2.2 Material	14

2.2.1.	Anilin.....	14
2.2.2.	Nikel (II) Hidroksida.....	16
2.2.3.	Nikel Oksida.....	17
2.2.4.	Gelatin.....	18
2.2.4.1.	Komposisi dan Sifat Gelatin.....	19
2.2.4.2.	Produksi Gelatin.....	20
2.2.4.3.	Perlakuan Awal.....	21
2.2.4.4.	Ekstraksi.....	21
2.2.4.5.	Pemurnian.....	22
2.2.5.	Kegunaan Gelatin.....	22
2.3	Tren Bisnis Makanan Halal	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		25
3.1	Alat dan Bahan	25
3.1.1	Alat.....	25
3.1.2.	Bahan.....	25
3.2	Prosedur Penelitian	25
3.2.1	Preparasi Gelatin.....	25
3.2.2	Rancangan Peralatan	26
3.2.3	Pembuatan Larutan Natrium Sitrat 0,3 M	27
3.2.4	Sintesis Ni(OH) ₂	27
3.2.5	Pelapisan Polianilin.....	28
3.2.6	Pelapisan Ni(OH) ₂ pada QCM.....	28
3.2.7.	Pembuatan Blanko dan Larutan Stok Gelatin untuk Pengujian dengan QCM.....	29

3.2.8.	Pembuatan Blanko dan Larutan Gelatin untuk Pengujian dengan QCM Dikombinasikan dengan Voltametri siklik.....	29
3.2.9.	Pengujian Larutan Gelatin.....	29
3.2.10.	Pengujian LOD (<i>Limit of Detection</i>) Gelatin Babi.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Preparasi Bahan	31
4.1.1.	Sintesis Ni(OH) ₂	31
4.1.2.	Pelapisan Polianilin.....	32
4.1.3.	Pelapisan Ni(OH) ₂ Anhidrat.....	34
4.2	Karakterisasi Sensor.....	36
4.2.1	Pengujian Larutan Gelatin dengan QCM	36
4.2.1.1.	Pengujian Larutan Gelatin pada pH 7.....	36
4.2.1.2.	Pengujian Larutan Gelatin pada pH 4.....	42
4.2.1.3.	Pengujian Larutan Gelatin pada pH 9.....	47
4.2.2	Pengujian Larutan Gelatin dengan QCM Dikombinasi dengan Voltametri siklik	52
4.2.2.1.	Pengujian Larutan Gelatin pada pH 7.....	52
4.2.2.2.	Pengujian Larutan Gelatin pada pH 4.....	59
4.2.2.3.	Pengujian Larutan Gelatin pada pH 9.....	65
4.3	Uji Limit of Detection (LOD).....	70
4.4	Karakterisasi IR pada Gelatin	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		75
5.1	Kesimpulan.....	75
5.2	Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA		77

LAMPIRAN 81

BIODATA PENULIS 95



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Satu set alat QCM.....	6
Gambar 2.2 Kristal quartz	8
Gambar 2.3 Rangkaian alat EQCM (SRS. 2011).	9
Gambar 2.4 Komponen <i>holder</i> sensor QCM.....	11
Gambar 2.5 Memasukkan sensor.....	12
Gambar 2.6 Sensor diputar 90°.....	12
Gambar 2.7 Sensor ditutup <i>retainer ring</i>	13
Gambar 2.8 Sensor ditutup <i>retainer cover</i>	13
Gambar 2.9 Satu set <i>Crystal Oscillator</i>	13
Gambar 2.10 Struktur Anilin.....	14
Gambar 2.11 Mekanisme reaksi pembentukan polianilin	15
Gambar 2.12 Nikel Hidroksida.....	16
Gambar 2.13 Bunsenit, suatu mineral Nikel Oksida	18
Gambar 2.14 Gelatin Lembaran	19
Gambar 2.15 Persentasi sumber gelatin.....	20
Gambar 4.1 Larutan Nikel (II) Hidroksida.....	31
Gambar 4.2 Siklik voltamogram dari polimerisasi anilin	32
Gambar 4.3 Hasil data QCM saat polimerisasi anilin.....	33
Gambar 4.4 Hasil foto mikroskop optik. (a) sensor emas sebelum dilapisi apapun, (b) setelah dilapisi polianilin, (c) setelah dilapisi Ni(OH) ₂ , (d) setelah dipanaskan pada 300°C.....	34
Gambar 4.5 Hasil termogram dari Ni(OH) ₂ (Budipramana, dkk. 2014).....	35
Gambar 4.6 Hasil pengujian dengan sensor emas pada pH 7 terhadap larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b).....	37
Gambar 4.7 Hasil pengujian larutan gelatin dengan emas terlapis polianilin pada pH 7 terhadap larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b).	39
Gambar 4.8 Hasil pengujian larutan gelatin dengan sensor emas terlapis polianilin-Ni(OH) ₂ anhidrat pada pH 7 terhadap larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b)	41

Gambar 4.9 Hasil pengujian larutan gelatin dengan sensor emas pada pH 4 terhadap larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b)	43
Gambar 4.10 Hasil pengujian larutan gelatin dengan sensor emas terlapis polianilin pada pH 4 terhadap larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b)	44
Gambar 4.11 Hasil pengujian larutan gelatin dengan sensor emas terlapis polianilin-Ni(OH) ₂ anhidrat pada pH 4 terhadap larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b).	46
Gambar 4.12 Hasil pengujian larutan gelatin dengan sensor emas pada pH 9 terhadap larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b)	48
Gambar 4.13 Hasil pengujian larutan gelatin dengan sensor emas terlapis polianilin pada pH 9 terhadap larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b)	49
Gambar 4.14 Hasil pengujian larutan gelatin dengan sensor emas terlapis polianilin-Ni(OH) ₂ anhidrat pada pH 9 terhadap larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b)	51
Gambar 4.15 Hasil data QCM pada pengujian larutan gelatin dengan sensor emas pada pH 7 dikombinasi dengan voltametri siklik	53
Gambar 4.16 Hasil siklik voltamogram pengujian larutan gelatin menggunakan sensor emas pada pH 7 dikombinasi voltametri siklik	54
Gambar 4.17 Hasil data sensor emas terlapis polianilin pada pH 7 terhadap larutan gelatin dikombinasi dengan metode voltametri siklik. (a) data QCM; (b) data siklik voltamogram.....	55
Gambar 4.18 Hasil data QCM pada pH 7 terhadap larutan: gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b)	57
Gambar 4.19 Hasil data siklik voltamogram dalam pengujian larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b)	

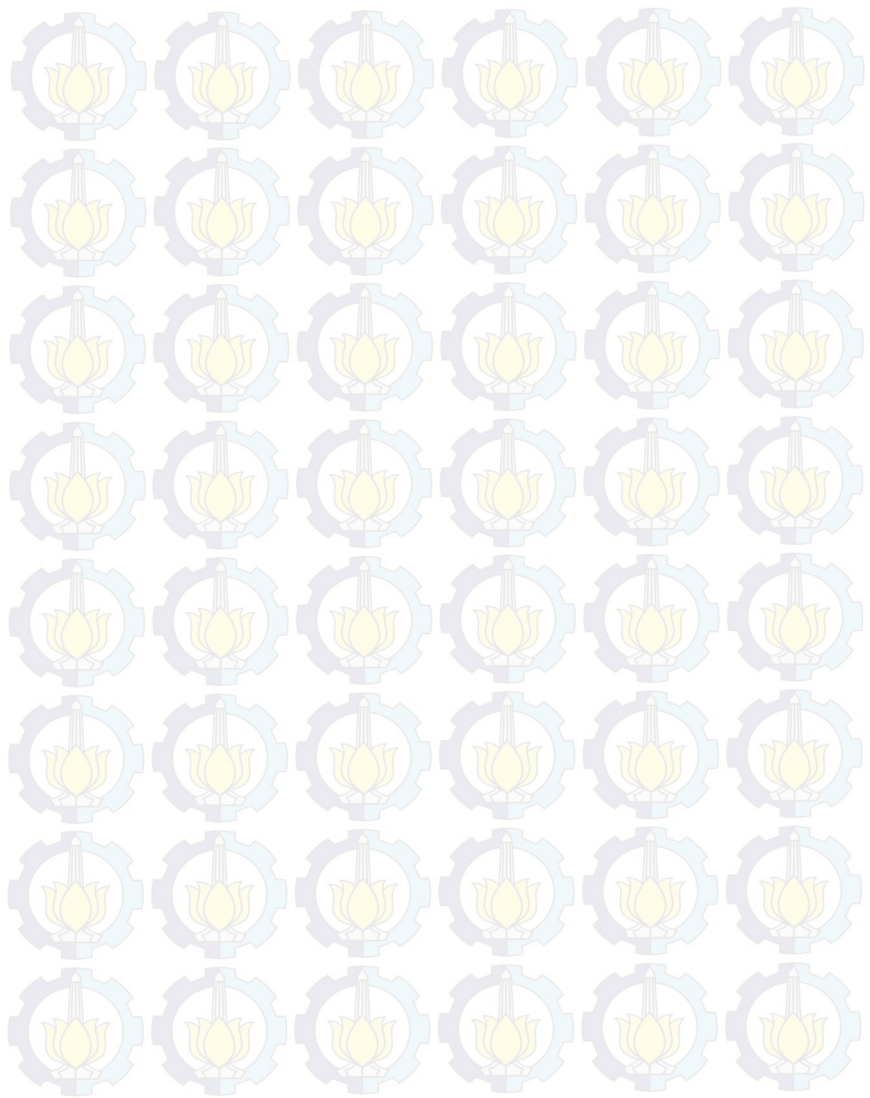
dengan sensor emas terlapis polianilin-Ni(OH) ₂ anhidrat pada pH 7	58
Gambar 4.20 Hasil data sensor emas pada pH 4 terhadap larutan gelatin dikombinasi dengan metode voltametri siklik. (a) data QCM; (b) data siklik voltamogram	60
Gambar 4.21 Hasil data sensor emas terlapis polianilin pada pH 4 terhadap larutan gelatin dikombinasi dengan metode voltametri siklik. (a) data QCM; (b) data siklik voltamogram.....	62
Gambar 4.22 Hasil data sensor emas terlapis polianilin- Ni(OH) ₂ anhidrat pada pH 4 terhadap larutan gelatin dikombinasi dengan metode voltametri siklik. data QCM (a); data siklik voltamogram (b)	64
Gambar 4.23 Hasil data sensor emas pada pH 9 terhadap larutan gelatin dikombinasi dengan metode voltametri siklik. (a) data QCM; (b) data siklik voltamogram.....	66
Gambar 4.24 Hasil data sensor emas terlapis polianilin pada pH 9 terhadap larutan gelatin dikombinasi dengan metode voltametri siklik. (a) data QCM; (b) data siklik voltamogram.....	67
Gambar 4.25 Hasil data sensor emas terlapis polianilin- Ni(OH) ₂ anhidrat pada pH 9 terhadap larutan gelatin dikombinasi dengan metode voltametri siklik. (a) data QCM; (b) data siklik voltamogram	69
Gambar 4.26 Hasil data siklik voltamogram (a) dan QCM (b) dalam pengujian LOD terhadap larutan gelatin babi.....	71
Gambar 4.27 Hasil karakterisasi Infra Merah terhadap gelatin babi (atas) dan gelatin sapi (bawah)	72
Gambar 4.28 Hasil karakterisasi IR pada gelatin sapi (atas) dan gelatin babi (bawah) yang telah diberi perlakuan voltametri siklik	73

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Brebes pada tanggal 9 April 1993 dengan nama lengkap Rangga Aji Baskara, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SD Negeri Pucang III Sidoarjo, SMP Negeri 2 Sidoarjo dan SMA Negeri 1 Sidoarjo. Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Sidoarjo, penulis mengikuti SNMPTN Undangan dan diterima di jurusan Kimia ITS Surabaya pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP. 1410 100 002. Di Jurusan Kimia FMIPA ITS. Penulis mengambil bidang minat Kimia Instrumentasi dan Sains Analitik dalam menyelesaikan Tugas Akhir jenjang S1 dibawah bimbingan Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si. Selama kuliah, penulis aktif mengikuti olimpiade dan memperoleh juara 1 tingkat provinsi pada OSN Pertamina Bidang Teori Kimia tahun 2013 dan juara 3 tingkat nasional pada ONMIPA bidang kimia tahun 2014. Penulis juga pernah aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMKA) sebagai staf Departemen Riset dan Teknologi pada tahun 2013-2014 dan Paguyuban Karya Salemba Empat sebagai staf departemen *Research and Development* Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Kimia Dasar II tahun 2014. Penulis menerima saran, kritik, dan diskusi melalui email ranggaajibaskara@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gelatin adalah salah satu bahan makanan yang banyak dipakai oleh masyarakat. Gelatin digunakan sebagai bahan penstabil, penebal, dan pembaik tekstur pada roti. Gelatin dapat dihasilkan dari kulit maupun tulang babi, sapi, atau ikan. Babi dan sapi, baik tulang maupun kulitnya adalah bahan dasar gelatin yang paling banyak dipakai di seluruh dunia.

Pada umumnya masyarakat tidak mengetahui asal gelatin yang biasa diperjual-belikan di pasar, sebab pada kemasan gelatin yang beredar tidak dicantumkan merk dan bahan asal gelatin. Padahal beberapa agama memiliki aturan diet tertentu tentang makanan, misalnya pengharaman babi oleh umat Islam dan Yahudi.

Islam adalah salah satu agama dengan jumlah penganut terbesar di dunia. Dalam hal pemilihan makanan, Islam memiliki hukum tentang pengharaman babi. Selain agama Islam, agama Yahudi juga mengharamkan babi dan dikategorikan sebagai makanan *non-kosher*.

Oleh karena itu pemeluk kedua agama tersebut perlu mengetahui komponen makanan yang akan mereka makan. Banyak peneliti telah mengembangkan teknik pendeteksian komponen makanan yang berasal dari babi, khususnya gelatin. Gelatin babi banyak disalahgunakan oleh pedagang makanan karena harganya yang lebih murah namun sifat fisik serta kimianya tidak jauh berbeda dengan gelatin yang berasal dari hewan halal/*kosher* misalnya sapi.

Akhir-akhir ini, industri makanan di seluruh dunia mulai memperhitungkan permintaan konsumen mengenai makanan halal/*kosher*. Hal ini disebabkan permintaan makanan halal yang semakin meningkat (Pew Forum on

Religion & Public Life, 2011). Permintaan makanan halal yang meningkat disebabkan terjadinya peningkatan jumlah penduduk muslim dunia (Islam adalah agama dengan peningkatan jumlah pemeluk paling pesat di dunia), mulai meningkatnya kesadaran terhadap produk-produk halal, dan mulai dipandang status halal pada makanan sebagai jaminan keamanan produk. Saat ini, total nilai industri makanan halal telah mencapai 560 miliar USD. Bisnis makanan halal di Indonesia telah mencapai nilai 70 miliar USD, dengan pertumbuhan 7-10% per tahun (GIFR, 2013). Karena kehalalan produk makanan mulai diperhatikan, peneliti memilih untuk melakukan penelitian pengujian bahan asal gelatin, karena gelatin adalah salah satu bahan pangan yang digunakan luas dalam industri makanan, kosmetik, dan obat-obatan.

Pendeteksian bahan baku gelatin yang telah dilaporkan adalah Uji FTIR (Hashim, dkk. 2010), Analisa Asam Amino (Nemati, dkk. 2004), PCR (Wolf dan Lüthy. 2001; Aida, dkk. 2005; dan Demirhan, Ulca, dan Senyuwa. 2012). dan ELISA (Venien dan Levieux. 2005). Kelemahan uji FTIR umumnya tidak memberikan perbedaan data yang signifikan sehingga diperlukan pengolahan data lebih lanjut. Sedangkan kelemahan metode Analisa asam amino, PCR, dan ELISA adalah membutuhkan banyak pengulangan, tenaga berpengalaman karena sampel yang sangat sensitif, dan banyaknya penggunaan reagen. Metode lain seperti penggunaan QCM (*Quartz Crystal Microbalance*) belum pernah dilaporkan.

QCM adalah alat yang dapat mengukur perubahan frekuensi getaran suatu material piezoelektrik. Jika suatu zat menempel pada material piezoelektrik tersebut, terjadilah perubahan frekuensi yang dapat diubah dengan perhitungan menjadi perubahan massa yang menempel pada sensor QCM. QCM memiliki kelebihan yaitu praktis dan mudah dalam

penggunaannya, tidak selalu membutuhkan reagen yang mahal, serta sensitivitas yang tinggi.

Gelatin sapi dan gelatin babi memiliki pasangan elektron bebas (PEB) pada atom O pada ikatan peptidanya. PEB ini dapat berikatan dengan atom-atom yang memiliki orbital kosong dan membentuk ikatan kovalen koordinasi. Akan tetapi gelatin sapi dan gelatin babi memiliki komposisi asam amino yang berbeda. Perbedaan komposisi ini mengakibatkan perbedaan sifat adsorpsi gelatin dan perbedaan kestabilan ikatan yang terbentuk antara atom O pada gelatin dengan bahan aktif yang memiliki orbital kosong tersebut. Perbedaan-perbedaan tersebut menunjukkan bahwa QCM memiliki kemungkinan untuk dijadikan sebagai alat pendeteksi perbedaan jenis gelatin.

1.2. Permasalahan

Gelatin adalah bahan makanan yang umum digunakan dalam pembuatan berbagai makanan. Banyak pedagang makanan tidak mencantumkan bahan asal gelatin yang digunakan. Metode pendeteksian bahan gelatin yang pernah diajukan antara lain uji FTIR, uji asam amino, PCR, dan ELISA. Namun kelemahan dari uji FTIR adalah tidak memberikan perbedaan yang signifikan. Sedangkan kelemahan metode uji asam amino, PCR, dan ELISA memakan waktu lama, perlu banyak pengulangan, dan tenaga berpengalaman.

1.3. Tujuan

Oleh karena permasalahan-permasalahan di atas, perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk membuat sensor QCM emas termodifikasi polianilin-Ni(OH)₂ anhidrat, mengetahui apakah sensor QCM berlapis Ni(OH)₂ anhidrat dapat digunakan dalam uji kualitatif untuk membedakan gelatin babi dengan gelatin lainnya, dan mengetahui batas deteksi sensor.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang pendeteksian jenis gelatin. Diharapkan penelitian ini dapat membantu pihak-pihak terkait untuk menentukan jenis gelatin dan membantu konsumen agar tidak tertipu dengan jenis gelatin yang digunakan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sensor

2.1.1. Sensor Kimia

Menurut IUPAC pada tahun 1991, sensor kimia adalah alat yang mengubah informasi kimia, mulai dari komposisi komponen sampel secara spesifik hingga analisis komposisi total, menjadi sinyal analitik yang dapat digunakan.

Sensor kimia memiliki dua komponen yaitu reseptor dan *transducer*. Beberapa sensor dapat juga memiliki separator semisal membran. Reseptor bertugas mengubah informasi kimia menjadi bentuk energi yang dapat diukur oleh *transducer*. *Transducer* bertugas mengubah energi yang membawa informasi kimia menjadi sinyal analitik yang dapat diinterpretasikan. Transducer tidak bersifat selektif.

Reseptor dari sensor kimia dapat digolongkan menjadi:

1. Fisik, yaitu tidak ada reaksi kimia kimia yang terjadi. Contohnya adalah sensor yang berbasis pengukuran absorbansi, indeks refraksi, konduktivitas, suhu, atau perubahan massa.
2. Kimia, yaitu terjadi reaksi kimia pada analit yang memberikan sinyal analitik.
3. Biokimia, dimana proses-proses biokimialah yang menjadi sumber sinyal analitik. Contohnya adalah immunosensor.

(IUPAC, 1991)

2.1.2. Klasifikasi Sensor

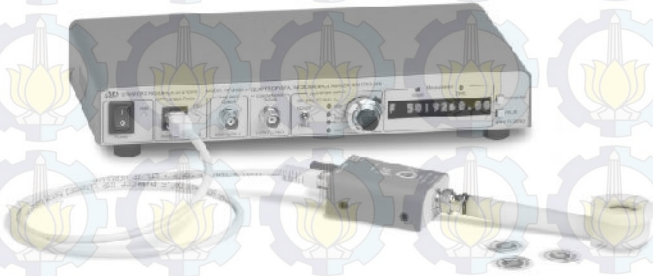
Sensor kimia dapat diklasifikasikan berdasarkan prinsip kerja transducer, yaitu:

1. Sensor optis; yaitu sensor yang mendeteksi fenomena-fenomena optis, seperti absorbansi, reflektansi, luminesensi, fluoresensi, indeks refraksi, efek optothermal, dan hamburan cahaya.

2. Sensor elektrokimia; yaitu sensor yang mendeteksi interaksi elektrokimia antara analit dan elektroda. Sensor ini dapat dibedakan menjadi sensor voltametri, potensiometri, transistor efek medan termodifikasi kimia, dan sensor gas elektrolit padat potensiometri.
3. Sensor listrik; yaitu sensor yang mendeteksi fenomena-fenomena kelistrikan, contohnya semikonduktor logam oksida, semikonduktor organik, sensor konduktivitas elektrolitik, dan sensor permitivitas listrik.
4. Sensor magnetik; yaitu sensor yang mendeteksi perubahan sifat paramagnetik bahan.
5. Sensor termometrik; yaitu sensor yang mendeteksi perubahan panas akibat reaksi kimia.
6. Sensor massa; yaitu alat yang mengubah informasi perubahan massa pada permukaan yang khusus termodifikasi menjadi informasi tentang perubahan sifat-sifat bahan, dimana perubahan massa adalah hasil akumulasi analit. Contoh sensor jenis ini adalah sensor piezoelektrik dan gelombang akustik permukaan.

(IUPAC, 1991)

2.1.3. Quartz Crystal Microbalance (QCM)



Gambar 2.1 Satu set alat QCM.

Quartz Crystal Microbalance (QCM) adalah alat yang mendeteksi perubahan massa berdasarkan perubahan frekuensi dari sebuah bahan piezoelektrik seperti quartz. QCM dapat digunakan sebagai sensor massa dengan sensitivitas tinggi. Persamaan yang dipakai untuk menghubungkan perubahan frekuensi dan massa adalah persamaan Sauerbrey:

$$\Delta f = -C_f \Delta m \dots \dots \dots (1)$$

Δf = perubahan frekuensi yang teramati (Hz).

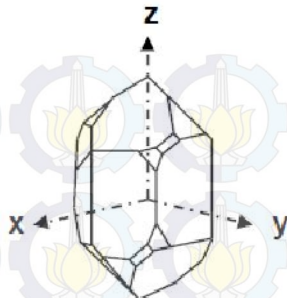
C_f = faktor sensitivitas kristal ($56,6 \text{ Hz } \mu\text{g}^{-1} \text{ cm}^2$ untuk 5 MHz AT-cut kristal quartz pada suhu kamar).

Δm = perubahan massa per satuan luas (g/cm^2).

Pada awalnya QCM hanya digunakan sebagai sensor pendeteksi gas, namun pada saat ini QCM juga dapat digunakan dalam larutan sehingga penggunaannya dapat dipadukan dengan sistem elektrokimia. Selektivitas QCM dalam mendeteksi zat tertentu dapat ditingkatkan dengan melapisi sensor QCM dengan zat tertentu yang bersifat sensitif dan selektif terhadap bahan tertentu (SRS. 2011).

2.1.3.1. Piezoelektrisitas

Piezoelektrisitas adalah suatu fenomena yang ditemukan oleh Pierre dan Jacques Curie dan dipublikasikan pada 1880. Piezoelektrisitas adalah kemampuan zat mengubah tekanan yang diberikan menjadi arus listrik. Lippman pada tahun 1881 memprediksi bahwa bahan-bahan piezoelektrik juga mampu mengubah listrik menjadi tekanan/getaran melalui deduksi matematis dari prinsip-prinsip termodinamika. Bahan yang paling umum diketahui memiliki sifat piezoelektrik adalah quartz.



Gambar 2.2 Kristal quartz.

Piezoelektrisitas pertama kali dimanfaatkan sebagai sonar pada kapal laut untuk mendeteksi kedalaman laut. Selanjutnya piezoelektrisitas digunakan sebagai komponen *microphone*, alarm asap, dan penyaring sinyal frekuensi tinggi. Selanjutnya Sauerbrey mengamati adanya perubahan frekuensi yang terjadi jika terjadi perubahan massa pada bahan piezoelektrik. Kemudian Sauerbrey menurunkan persamaan 1 diatas, sehingga dapat dimanfaatkan dalam pengembangan sensor massa QCM (Mota. 2005).

2.1.3.2. Electrochemical Quartz Crystal Microbalance (EQCM) dan Kalibrasi QCM

QCM dapat dipadukan dengan peralatan-peralatan elektrokimia seperti potensiostat. QCM digunakan sebagai elektroda kerja, Ag/AgCl digunakan sebagai elektroda pembanding dan platina atau emas sebagai elektroda pembantu. Perubahan-perubahan kelistrikan serta perubahan massa yang terendapkan atau terlepas dari QCM dapat dimonitor jika QCM digunakan bersamaan dengan peralatan-peralatan elektrokimia. Metode yang dapat digunakan adalah amperometri, potensiometri, dan voltametri. Sistem EQCM dapat digunakan sebagai sensor kimia jika QCM dilapisi bahan tertentu yang tidak ikut bereaksi selama proses elektrokimia dan hanya selektif untuk bahan tertentu.

Sistem EQCM adalah salah satu pengembangan QCM di bidang elektrokimia. Dengan metode EQCM, QCM dapat dikalibrasi dengan cara yang mudah. Dengan menggabungkan persamaan Hukum I Faraday dan persamaan Sauerbrey diperoleh:

$$\Delta f = \frac{10^6 \cdot M_w \cdot C_f \cdot Q}{n \cdot F \cdot A} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan:

Δf = perubahan frekuensi (Hz).

M_w = Massa molar dari zat kimia yang terendapkan (g/mol).

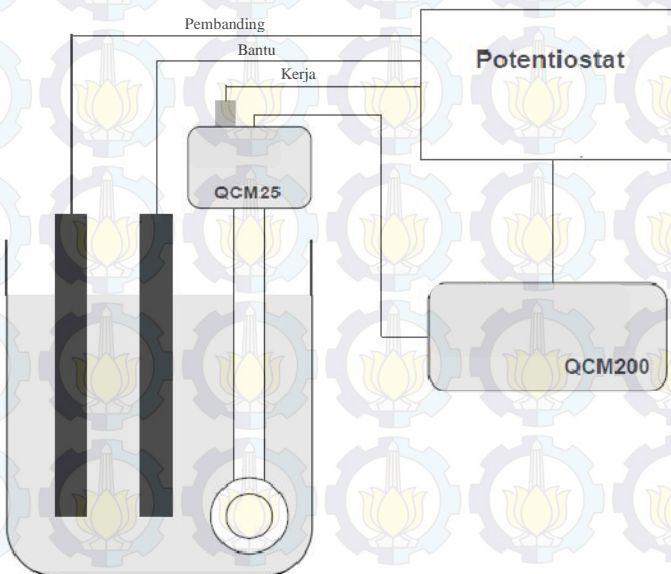
C_f = Faktor sensitivitas Sauerbrey.

Q = Muatan listrik yang mengalir (C).

A = Luas permukaan aktif (cm²).

F = Konstanta Faraday 96500 C/mol.

n = Jumlah elektron yang ditransfer.

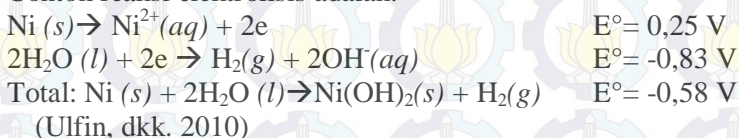


Gambar 2.3 Rangkaian alat EQCM (SRS. 2011)

2.1.3.3. Dasar-Dasar Elektrolisis

Elektrokimia adalah bidang yang mempelajari hubungan antara energi listrik dengan reaksi kimia. Jika arus listrik dengan beda potensial tertentu dilewatkan dengan elektroda pada larutan elektrolit atau lelehan garam sehingga terjadi reaksi kimia tertentu, maka proses ini disebut elektrolisis. Arus listrik yang digunakan adalah arus listrik searah (*Direct Current/DC*). Anoda adalah tempat terjadinya oksidasi sedangkan katoda adalah tempat terjadinya reaksi reduksi (Ulfin, dkk. 2010).

Ion-ion negatif akan bergerak ke anoda dan teroksidasi jika arus listrik dalam sel elektrokimia dinyalakan. Sedangkan ion-ion positif akan bergerak ke katoda dan tereduksi. Air sebagai pelarut dapat mengalami reduksi maupun oksidasi. Garam yang inert terhadap zat kimia yang kita reaksikan dapat ditambahkan dalam sistem berpelarut air untuk menambahkan konduktivitas larutan dengan menjaga kenetralan larutan sehingga reaksi menjadi lebih cepat. Contoh reaksi elektrolisis adalah:



Stoikiometri dalam elektrolisis dijelaskan oleh Faraday pada tahun 1833 bahwa besarnya perubahan kimia yang terjadi dalam elektrolisis berbanding lurus dengan besarnya muatan listrik yang lewat pada sel elektrolisis. Pernyataan tersebut kemudian disebut Hukum Faraday I yang dirumuskan:

$$w = \frac{A_r i t}{nF} \dots\dots\dots (3)$$

w = massa zat kimia yang hilang atau terbentuk (g).

i = arus listrik yang dipakai (A).

t = waktu (s).

n = jumlah mol elektron yang digunakan.

F = Bilangan Faraday (96500 Coulomb per mol elektron).

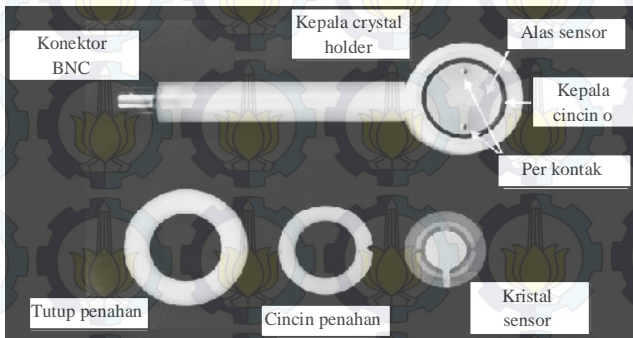
A_r = Massa molar zat yang terendapkan (g/mol).

2.1.3.4. Aplikasi QCM

Quartz Crystal Microbalance (QCM) banyak dimanfaatkan sebagai sensor sebab dapat mendeteksi perubahan massa yang terjadi pada permukaannya dengan sensitivitas tinggi. Selektivitas QCM dapat ditingkatkan dengan melapiskan suatu bahan tertentu yang dapat mengadsorpsi zat tertentu pula. Contohnya ZnO dilapiskan pada QCM untuk mendeteksi NH_3 dan H_2O .

QCM juga dapat digunakan untuk mendeteksi Senyawa Organik Volatil (VOC) dan sebagai biosensor bakteri dan virus. Selain itu, QCM juga dapat digunakan untuk meneliti mekanisme adsorpsi yang terjadi pada permukaan. QCM juga dapat digunakan untuk memprediksi mekanisme reaksi yang terjadi saat terjadi pembentukan lapisan tertentu pada permukaan *probe* QCM, misalnya polianilin.

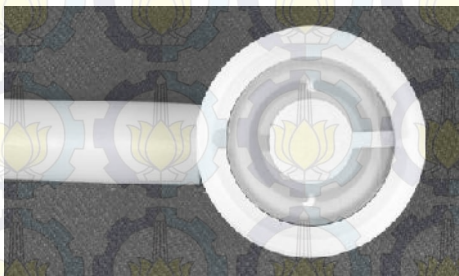
2.1.3.5. Prosedur Pemasangan QCM



Gambar 2.4 Komponen *holder* sensor QCM.

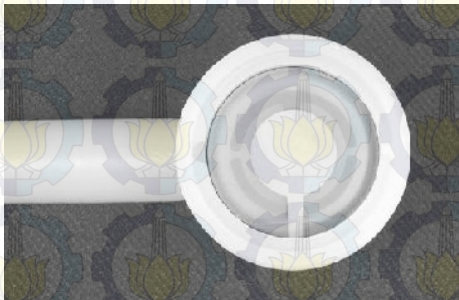
Gambar 2.4 di atas menunjukkan bagian-bagian dari *holder* QCM. Sensor tersebut berdiameter satu inci. Untuk mempersiapkan QCM dengan baik, prosedurnya adalah:

Kepala *Crystal Holder* ditempatkan pada permukaan yang datar dengan lubangnya menghadap keatas. *Head o-ring* harus dipastikan bebas dari cacat, lubang kristal bersih dan kering, dan pin elektroda tidak terhalang gerakannya. Kemudian lubang kristal dibuka lalu sensor dimasukkan dengan permukaan kontak menghadap kebawah dan kontak cair menghadap keatas seperti pada gambar di bawah.



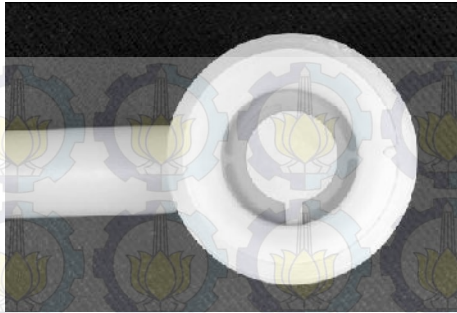
Gambar 2.5 Memasukkan sensor.

Kemudian *probe* diputar 90° seperti pada gambar di bawah.



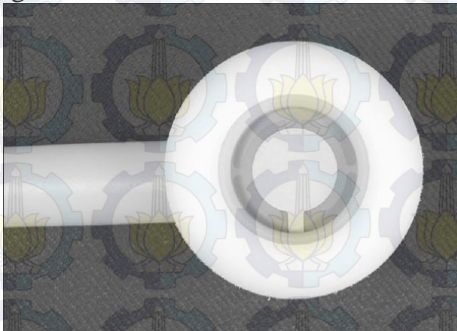
Gambar 2.6 Sensor diputar 90°.

Selanjutnya *probe* ditutup dengan *retainer ring* seperti gambar di bawah.



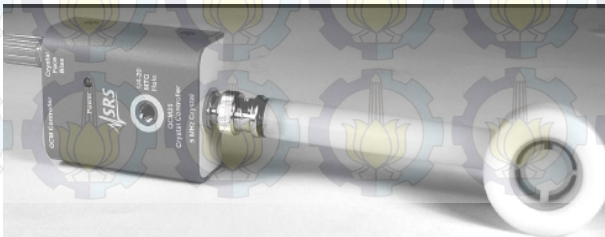
Gambar 2.7 Sensor ditutup *retainer ring*.

Setelah itu *probe* ditutup lagi dengan *retainer cover* seperti pada gambar di bawah.



Gambar 2.8 Sensor ditutup *retainer cover*.

Penutup dikunci dengan tangan lalu *holder* dihubungkan dengan QCM 25 *Crystal Oscillator* seperti gambar di bawah.



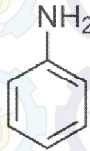
Gambar 2.9 Satu set *Crystal Oscillator*.

QCM 25 kemudian dihubungkan dengan mainboard QCM 200 menggunakan kabel RJ45 dan konektor Cat-5. Rangkaian alat QCM dihubungkan dengan *Personal Computer* menggunakan kabel RS-232 (SRS. 2011).

2.2. Material

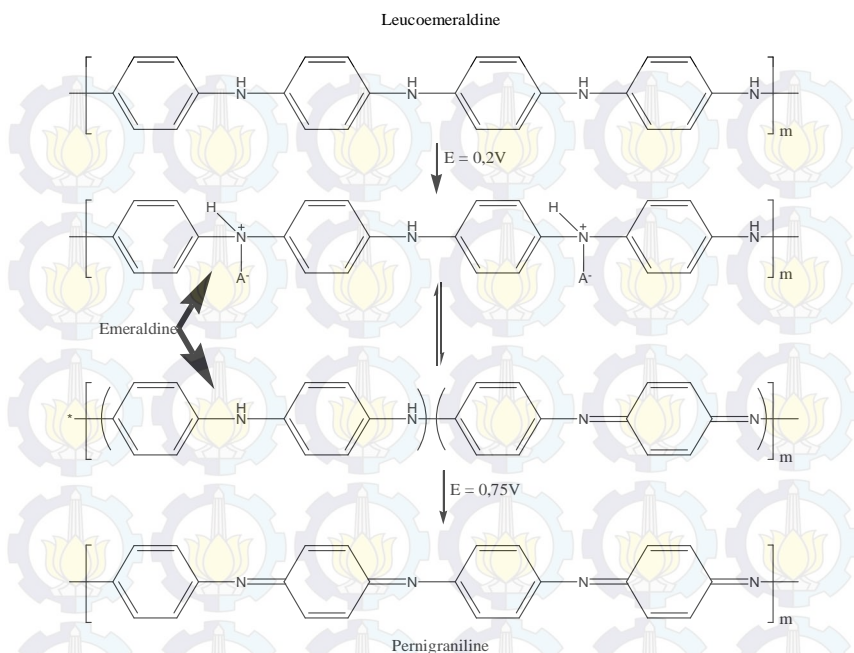
2.2.1. Anilin

Anilin adalah senyawa organik beracun dengan rumus kimia $C_6H_5NH_2$. Anilin berwujud cair, berbau menyengat, dan titik didihnya $184, 1^\circ C$ (MSDS, 2013). Saat dididihkan, anilin yang semula berwarna coklat (bentuk tidak murni) akan menjadi jernih (bentuk murni).



Gambar 2.10 Struktur Anilin.

Anilin dapat membentuk polimer konduktif polianilin (PANI) bila diberi perlakuan voltametri siklik pada pH tertentu (Fitriyana, 2014). Mekanisme reaksi pembentukan polianilin dijelaskan dalam Gambar 2.11. Polimer konduktif ini dapat digunakan untuk menempelkan bahan aktif sensor kepada substrat tertentu.



Gambar 2.11 Mekanisme reaksi pembentukan polianilin.

Polianilin memiliki tiga bentuk teroksidasi. Bentuk yang paling kurang teroksidasi disebut leukoemeraldin yang berwarna putih sampai tidak berwarna. Bentuk yang lebih teroksidasi adalah emeraldin yang berwarna hijau sampai biru. Bentuk yang paling teroksidasi adalah pernigranilin yang berwarna biru sampai ungu (Feast, dkk. 1996). Emeraldin adalah bentuk polianilin yang paling banyak digunakan sebab memiliki kestabilan terhadap perubahan suhu yang besar dan saat didoping dengan asam, emeraldin memiliki konduktivitas yang paling besar dibandingkan leukoemeraldin dan pernigranilin (Diarmid dan Alan, 2001).

2.2.2. Nikel (II) Hidroksida



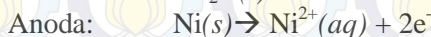
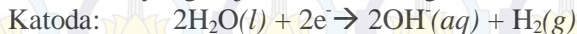
Gambar 2.12 Nikel Hidroksida.

Nikel (II) hidroksida adalah suatu material berwujud padat yang memiliki rumus kimia $\text{Ni}(\text{OH})_2$. $\text{Ni}(\text{OH})_2$ berwujud bubuk berwarna hijau, memiliki massa molekul 92,724 g/mol (anhidrat) dan 110,72 g/mol (monohidrat), massa jenisnya 4,15 g/mL, dan kelarutan dalam air sangat rendah (2×10^{-16}). Material ini dapat mengiritasi mata dan kulit, serta dapat merusak pencernaan dan pernafasan. $\text{Ni}(\text{OH})_2$ tergolong bahan karsinogenik. Oleh karena itu peneliti harus mengenakan sarung tangan, jas lab, respirator debu, dan goggle serta bekerja pada ruangan dengan ventilasi yang baik (MSDS, 2014).

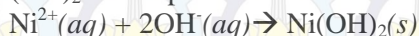
Nikel (II) hidroksida memiliki dua bentuk yang umum, yaitu bentuk α dan β . Menurut Khan dkk (2011), α -Nikel (II) hidroksida memiliki jarak antar lapisan lebih besar daripada 7,5 Å dan ruang antarlapisan tersebut terisi oleh molekul air dan anion-anion yang jenisnya tergantung pada prosedur pembuatan Nikel (II) hidroksida. Sedangkan β -Nikel (II) hidroksida memiliki jarak antar lapisan 4,6 Å tanpa ada spesi yang terjebak di antara ruang antar lapisan. Bentuk nikel (II) hidroksida yang diperoleh saat sintesis sangat tergantung pada metode sintesis yang digunakan.

Nikel (II) hidroksida dapat disintesis dengan mudah menggunakan metode elektrolisis (Subbaiah, dkk. 2002).

Budipramana dkk. (2014) mensintesis nikel (II) hidroksida menggunakan katoda dan anoda nikel serta elektrolit asam sitrat. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Selanjutnya ion hidroksi dan Ni^{2+} bereaksi membentuk $\text{Ni}(\text{OH})_2$ sesuai persamaan reaksi berikut:



Sifat-sifat termal dari nikel (II) hidroksida telah banyak diteliti. Sifat-sifat termal tersebut sangat bergantung pada metode sintesis yang digunakan. Berdasarkan hasil DTA-TGA yang telah dilaporkan oleh Budipramana dkk. (2014), pada suhu hingga 120°C terjadi pelepasan air teradsorpsi yang berada di permukaan nikel (II) hidroksida. Sedangkan pada suhu 120°C - 323°C , terjadi pelepasan air terhidrat. Reaksi yang terjadi saat pelepasan air terhidrat adalah sebagai berikut:



2.2.3. Nikel Oksida

Nikel oksida adalah suatu material berwujud padat, yang memiliki rumus kimia NiO . NiO berwarna hijau, memiliki massa molekul 74,71 g/mol, dan tidak larut dalam air dingin. Material ini berbahaya jika terhirup atau tertelan sebab NiO bersifat karsinogenik, atau dengan kata lain dapat menyebabkan kanker. Oleh sebab itu, NiO peneliti wajib mengenakan sarung tangan, jas lab, respirator debu, dan goggles serta bekerja pada ruangan dengan ventilasi yang baik (MSDS, 2013).



Gambar 2.13 Bunsenit, suatu mineral Nikel Oksida.

Nikel oksida dapat disintesis dengan mudah menggunakan metode sintesis senyawa padat dari bahan awal nikel hidroksida ($\text{Ni}(\text{OH})_2$). Nikel oksida dipanaskan dalam *furnace* pada suhu diatas 400°C sehingga terjadi reaksi berikut:



(Zhou, dkk. 2006)

2.2.4. Gelatin

Gelatin (Latin: yang dibekukan) adalah suatu zat translusen, tidak berwarna, diperoleh dari hidrolisis kolagen bermacam-macam hewan (umumnya babi, sapi, dan ikan). Gelatin adalah bentuk ireversibel dari kolagen yang terhidrolisis. Gelatin dalam rumah tangga dapat berbentuk lembaran, butiran, atau bubuk (Cole, 2000).



Gambar 2.14 Gelatin Lembaran.

2.2.4.1. Komposisi dan Sifat Gelatin

Gelatin adalah campuran dari peptida dan protein yang terbuat dari hidrolisis sebagian kolagen yang diekstrak dari kulit, tulang, dan jaringan penghubung hewan-hewan seperti ayam, babi, sapi, dan ikan. Walaupun gelatin terdiri dari 98-99% protein, gelatin banyak terdiri dari asam-asam amino non-esensial. Gelatin yang digunakan untuk fotografi dan obat-obatan umumnya berasal dari tulang sapi dan beberapa jenis makanan juga menggunakan gelatin dari sapi.

Gelatin mencair saat dipanaskan dan memadat kembali saat mendingin. Gelatin dapat membentuk gel semi-padat bersama air. Gelatin membentuk larutan dengan kekentalan tinggi dalam air, yang menjadi gel saat mendingin, dan komposisi kimianya sangat mirip dengan kolagen asalnya. Gelatin dapat larut dalam hampir semua pelarut polar.

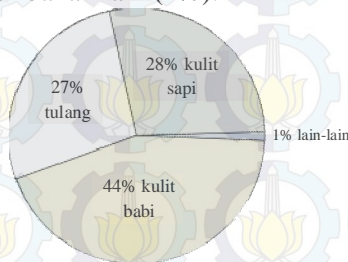
Larutan gelatin menunjukkan aliran viskoelastik. Jika gelatin dikontakkan dengan air, sebagian gelatin akan larut. Kelarutan gelatin sangat ditentukan dari metode pembuatannya. Khususnya, gelatin dapat dilarutkan dalam

asam pekat. Larutan semacam ini akan stabil dalam waktu 10-15 hari dengan relatif tanpa perubahan dan cocok untuk dipakai dalam pelapisan bahan-bahan tertentu.

Bentuk gel dari gelatin berada pada rentang suhu tertentu. Umumnya batas atasnya berada pada suhu kurang dari 35°C dan batas bawahnya adalah titik beku air. Sifat-sifat mekanik dari gel gelatin sangat sensitif pada rentang suhu, sejarah pemanasan gel, dan waktu. Kekentalan campuran air/gelatin meningkat seiring dengan konsentrasi dan saat didinginkan (Cole, 2000)..

2.2.4.2. Produksi Gelatin

Gelatin diproduksi sebagai produk samping dari industri daging dan kulit secara komersial. Sekarang, pembuatan gelatin dari ikan sedang dikembangkan sebab ikan relatif tidak dilarang secara agama. Sumber bahan produksi gelatin dunia didominasi oleh kulit babi (44%), tulang (27%), sapi (28%), dan bahan lain (1%).



Gambar 2.15 Persentasi sumber gelatin.

Ikatan antar molekul dan intra molekul yang membuatnya tidak larut dalam air harus diputus saat membuat gelatin. Ikatan hidrogen yang menstabilkan heliks kolagen juga harus diputuskan. Proses pembuatan gelatin terdiri dari tiga proses utama:

1. Perlakuan awal (*pretreatment*) untuk membuat sumber gelatin bebas dari pengotor yang mengganggu sifat fisik dan kimia gelatin yang akan diproduksi.

2. Ekstraksi gelatin, yang umumnya dilakukan dengan air panas atau asam encer yang akan langsung menghidrolisis kolagen menjadi gelatin.
3. Pemurnian dilakukan untuk menghilangkan air dari larutan gelatin dan mendapatkan gelatin yang kering dan terpadu.
(Cole, 2000)

2.2.4.3. Perlakuan Awal

Larutan asam encer digunakan untuk untuk menghilangkan kalsium dan garam-garam lainnya jika bahan mentah gelatin berasal dari tulang. Air panas atau beberapa pelarut dapat digunakan untuk mengurangi lemak, yang tidak boleh melebihi 1% sebelum menjalani proses ekstraksi. Penghilangan rambut dan pengasaran tekstur harus dilakukan sebelum menjalani proses ekstraksi jika bahan mentah gelatin berasal dari kulit, disertai dengan pengurangan ukuran dan pencucian.

Hidrolisis kolagen dilakukan dengan satu dari tiga metode berbeda: asam, basa, dan enzimatis. Perlakuan asam khususnya cocok untuk bahan dengan jumlah ikat silang sedikit seperti kolagen kulit babi dan normalnya membutuhkan 10-48 jam. Perlakuan basa cocok untuk kolagen yang lebih kompleks seperti kolagen dari sapi dan membutuhkan lebih banyak waktu, umumnya beberapa minggu. Perlakuan basa bertujuan untuk menghancurkan beberapa ikat silang yang masih terdapat pada kolagen. Sedangkan hidrolisis enzimatik kolagen relatif baru (Cole, 2000).

2.2.4.4. Ekstraksi

Setelah mengurangi ikat silang antar komponen kolagen dan menghilangkan beberapa pengotor seperti lemak dan garam, kolagen diubah menjadi gelatin dengan cara ekstraksi baik dengan air maupun larutan asam pada suhu yang cocok. Seluruh proses industri menggunakan pH netral atau pH asam sebab walaupun pada pH basa lebih cepat,

gelatin yang terbentuk rawan terdegradasi. Ekstraksi asam banyak digunakan dalam industri namun pada tingkat keasaman bervariasi tergantung pada proses yang digunakan. Ekstraksi adalah proses multi langkah, dan suhu ekstraksi umumnya meningkat pada proses ekstraksi berikutnya. Prosedur semacam ini memastikan terjadinya degradasi suhu yang minimal selama proses ekstraksi (Cole, 2000).

2.2.4.5. Pemurnian

Proses ini melibatkan beberapa langkah seperti penyaringan, evaporasi, pengeringan, penggilingan, dan pengayakan. Proses ini sangat tergantung pada konsentrasi dan jenis gelatin yang digunakan. Degradasi gelatin harus dihindari sehingga proses pemurnian menggunakan suhu serendah mungkin. Kebanyakan proses pemurnian sangat cepat, dengan semua proses dikerjakan dalam beberapa langkah untuk menghindari kerusakan struktur peptida. Struktur peptida yang rusak dapat membuat penurunan kemampuan dalam pembentukan gel yang tidak diinginkan (Cole, 2000).

2.2.5. Kegunaan Gelatin

Kegunaan gelatin sangat beragam. Dalam industri makanan, gelatin dapat digunakan sebagai penstabil, penebal, atau pembaik tekstur dalam makanan-makanan seperti yoghurt, krim keju, dan margarin.

Kegunaan lain gelatin antara lain sebagai pengubah warna sinar lampu, bahan kapsul, penahan perak klorida agar tetap dalam bentuk emulsi selama proses fotografi, bahan kertas kilap, dan salah satu bahan kosmetik. Selain itu gelatin dapat digunakan untuk mengubah gaya rambut secara murah namun tidak tahan lama, substrat untuk kultur sel, serta sebagai bahan tiruan otot dalam uji coba amunisi. Gelatin juga dapat mempercepat penyembuhan tukak lambung, luka luar, dan mengurangi rambut rontok (Cole, 2000).

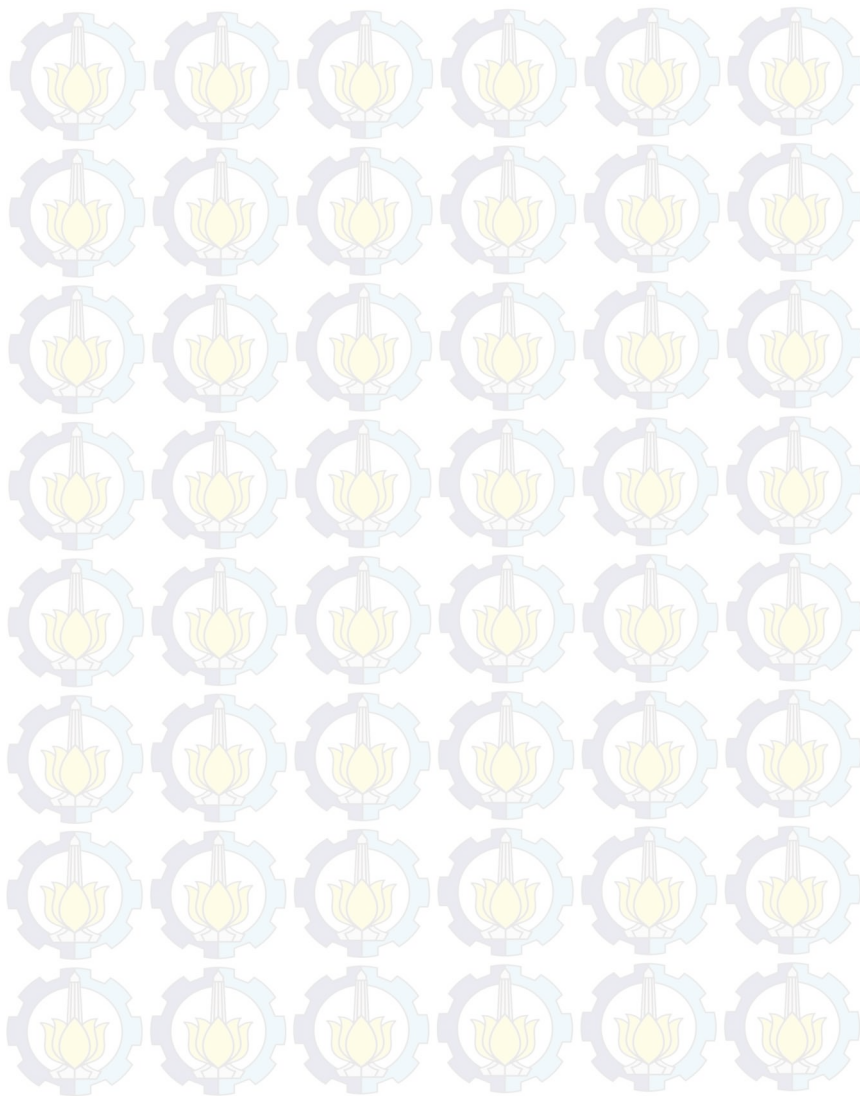
2.3. Tren Bisnis Makanan Halal

Pada umumnya industri makanan dunia cenderung mengabaikan segmen konsumen muslim. Namun, jumlah penduduk muslim di seluruh dunia terus meningkat sehingga permintaan makanan halal juga meningkat. Menurut Pew Forum on Religion & Public Life (2011), jumlah penduduk muslim dunia mencapai 1,62 miliar, atau 23,4% populasi dunia pada tahun 2010 (Van der Spiegel, dkk. 2012). Pada tahun 2030, diprediksi penduduk muslim dunia akan mencapai 2,2 miliar dan pada tahun 2050 akan menjadi 2,6 miliar orang. Pada saat ini, total nilai industri makanan halal telah mencapai 560 miliar USD.

Permintaan terhadap makanan halal di seluruh dunia tidak hanya disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk muslim yang cepat, tetapi juga disebabkan bergesernya pandangan masyarakat nonmuslim. Masyarakat nonmuslim mulai memandang bahwa makanan halal (dan yang tersertifikasi halal) juga menjamin etika dan keamanan produk. Sebagai contoh, hanya terdapat dua juta penduduk muslim di United Kingdom, namun terdapat enam juta konsumen makanan halal. Permintaan terhadap makanan halal hingga senilai tiga juta USD telah terjadi di Belanda dan penduduk nonmuslim per tahun. Bisnis makanan halal telah mencapai nilai 70 miliar USD di Indonesia, dengan pertumbuhan 7-10% per tahun. Karena potensi pasar yang besar itulah segmen makanan halal mulai dimasuki oleh para pengusaha makanan (GIFR 2013).

Peningkatan terhadap makanan halal yang besar dan semakin meningkat menimbulkan munculnya inisiatif negara-negara dengan jumlah penduduk muslim yang besar untuk membuat standar dalam penentuan makanan halal.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu set alat Quartz Crystal Microbalance (SRS QCM-200), satu set alat destilasi, oven, *furnace*, kabel, penjepit buaya, statif, termometer, *power supply*, amplas dengan *grade* 1200, *magnetic stirrer*, *hot plate*, neraca analitik Ohaus, pinset, alat gelas, stopwatch, satu set potensiostat (Potensiostat eDAQ EA161 dan e-corder ED410), dan satu set mikroskop optik,.

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah anilin 99,9% (Merck), HCl pekat (37% SAP Chemicals), dua buah pelat nikel (PT INCO), aqua demineralisasi (Aqua DM-Indolab), Natrium sitrat dihidrat 99,5% ($C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O$, Sigma-Aldrich), gelatin sapi, dan gelatin babi.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi Bahan

4.1.1 Sintesis $\text{Ni}(\text{OH})_2$

$\text{Ni}(\text{OH})_2$ disintesis dengan metode pengendapan secara elektrolisis. Warna larutan yang berubah menjadi hijau selama dilakukan elektrolisis menunjukkan bahwa $\text{Ni}(\text{OH})_2$ telah terbentuk. Budipramana, dkk (2014) mengemukakan reaksi yang terjadi pada elektroda adalah sebagai berikut:

Katoda: $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightarrow 2\text{OH}^-(aq) + \text{H}_2(g)$

Anoda: $\text{Ni}(s) \rightarrow \text{Ni}^{2+}(aq) + 2e^-$

Selanjutnya ion hidroksi dan Ni^{2+} bereaksi membentuk $\text{Ni}(\text{OH})_2$ sesuai persamaan reaksi berikut:



Gambar 4.1 Larutan Nikel (II) Hidroksida

Larutan Nikel (II) hidroksida yang terbentuk disimpan dan dibiarkan selama dua minggu agar terbentuk cukup banyak endapan. Terjadinya pengendapan $\text{Ni}(\text{OH})_2$ yang berwarna hijau disebabkan $\text{Ni}(\text{OH})_2$ memiliki kelarutan yang

Untuk mengetahui apa yang terjadi pada gelatin setelah perlakuan voltametri siklik, dilakukan karakterisasi IR pada gelatin sapi dan gelatin babi yang telah diberi perlakuan voltametri siklik. Hasil karakterisasi IR tersebut ditunjukkan pada gambar 4.28.

Menurut hasil karakterisasi Infra Merah terhadap gelatin sapi dan gelatin babi yang telah diberi perlakuan voltametri siklik pada gambar 4.28., terlihat bahwa baik gelatin sapi dan gelatin babi memiliki empat macam daerah puncak spektra Infra Merah yaitu di sekitar $3400\text{--}3200\text{ cm}^{-1}$ (daerah amida A), $1700\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$ (daerah amida I), $1600\text{--}1500\text{ cm}^{-1}$ (daerah amida II), dan $1300\text{--}1200\text{ cm}^{-1}$ (daerah amida III).

Dari kedua grafik IR diatas, pada gambar 4.27. terlihat bahwa pada puncak pada bilangan gelombang $2900\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$ muncul pada setiap gelatin, namun gelatin babi memiliki puncak yang lebih tajam. Sedangkan pada gambar 4.28., puncak pada bilangan gelombang $2900\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$ pada gelatin babi yang semula muncul tajam menjadi mengecil, sedangkan pada gelatin sapi timbul puncak pada bilangan gelombang $2000\text{--}2250\text{ cm}^{-1}$. Hal ini secara tidak sengaja menunjukkan bahwa grafik IR telah dapat membedakan jenis gelatin. Setelah diberi perlakuan voltametri siklik, puncak pada bilangan gelombang $2900\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$ pada gelatin babi akan mengecil dan puncak pada bilangan gelombang $2000\text{--}2250\text{ cm}^{-1}$ pada gelatin sapi akan membesar. Menurut McMurry (2011), puncak pada bilangan gelombang $2900\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus --CH sp^3 dan puncak pada bilangan gelombang $2000\text{--}2250\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus $\text{--C}\equiv\text{N}$ atau $\text{--C}\equiv\text{C}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Aida, A.A., Che Man, Y.B., Wong C.M.V.L., Raha A.R., Son, R. 2005. *Analysis of raw meats and fats of pigs using polymerase chain reaction for halal authentication*. Meat Science, 69(1), 47–52.
- Aristory, M.C., dan Toldra, F. 2004. *Histidine dipeptides HPLC-based test for the detection of mammalian origin proteins in feeds for ruminants*. Meat Science, 67(2), 211–217.
- Budipramana, Y., Ersam, T., Suprpto, Kurniawan, F. 2014. *Synthesis Nickel Hidroksida by Electrolysis at High Voltage*. ARPN-JEAS.
- Chen, F.C., dan Hsieh, Y.H. 2000. *Detection of pork in heat-processed meat products by monoclonal antibody-based ELISA*. Journal of AOAC International, 83(1), 79–85.
- Chen, G., T.M. Paronyan, E.M. Pigos, dan A.R. Harutyunyan. 2012. *Enhanced gas sensing in pristine carbon nanotubes under continuous ultraviolet light illumination*. Scientific Reports 2: 343.
- Chen, Robert J., Franklin, Nathan R., Kong, J., Cao, J., Tomblor, Thomas W., Zhang, Y., dan Dai, H. 2001. *Molecular photodesorption from single-walled carbon nanotubes*. Applied Physics Letters 79, 2258–2260.
- Chou, C.C., Lin, S.P., Lee, K.M., Hsu, C.T., Vickroy, T.W., Zen, J.M. 2007. *Fast differentiation of meats from fifteen animal species by liquid chromatography with electrochemical detection using copper nanoparticle plated electrodes*. Journal of Chromatography B, 846(1–2), 230–239.
- Cogliano, Dan. 2004. *Bible, King James Version*.
- Cole, C. G. B. 2000. *Encyclopedia of Food Science and Technology*, 2nd edition. Amerika Serikat: John Wiley & Sons.
- Demirhan, Y., Ulca, P., Senyuva, H.Z. 2012. *Detection of porcine DNA in gelatine and gelatine-containing processed food*

products—Halal/Kosher authentication. Meat Science 90 686–689.

Deshpande, M. V. and Amalnerkar, D. P. 1993. *Biosensors Prepared from Electrochemically Synthesized Conducting Polymers. Progress in Polymer Science* **18**, 623–649.

Dhawan, S. K., Kumar, D., Ram, M. K., Chandra, S. and Trivedi, D. C. 1997. *Application of conducting polyaniline as sensor material for ammonia. Sensors and Actuators B: chemical* **40**, 99–103.

Feast, W.J., Tsiouklis, J., Pouwer, K.L., Groenendaal, L., Meijer, E.W. 1996. *Synthesis, processing and material properties of conjugated polymers. Polymer* 37 (22): 5017.

Fitriyana. 2014. *Modifikasi Elektroda Kerja Emas dengan Polianilin-Enzim Invertase-Partikel Nano Emas sebagai Biosensor Sukrosa. ITS. Sebuah Tesis.*

GIFR. 2013. Washington DC: Edbiz Consulting.

Hanani, Z.A. Nur, Beatty, E., Roos, Y.H., Morris, M.A., dan Kerry, J.P. 2012. *Manufacture and characterization of gelatin films derived from beef, pork and fish sources using twin screw extrusion. Journal of Food Engineering* 113, 606–614.

Hashim, D. M., Man, Y. B. Che, Norakasha, R., Shuhaimi, M., Salmah, Y., Syahariza, Z. A. (2010). Potential use of Fourier transform infrared spectroscopy for differentiation of bovine and porcine gelatins. *Food Chemistry*, 118, 856-860.

Hofmann, K. 1985. *Principal problems in the identification of meat species of slaughter animals using electrophoretic methods. In: Biochemical identification of meat species.* Ed. R. L. S. Patterson. Elsevier, London 9–31.

IUPAC. 1991. *CHEMICAL SENSORS DEFINITIONS AND CLASSIFICATION. Pure & Applied Chemistry* Vol. 63 No. 9, 1247-1250.

- Khan, Yaqoob, Durrani, S.K., Mehmood, M., Jan, A., dan Abbasi, M. A. 2011. *pH-dependant structural and morphology evolution of Ni(OH)₂ nanostructures and their morphology retention upon thermal annealing to NiO*. Materials Chemistry and Physics 130, 1169–1174.
- McDiarmid, Alan G. 2001. *Synthetic Metals: A Novel Role for Organic Polymers (Nobel Lecture)*. Angewandte Chemie International Edition 40 (14): 2581.
- McMurry, John. 2011. *Fundamentals of Organic Chemistry, 7th Edition*. Kanada: Brooks/Cole Cengage Learning.
- Mota, Oscar Ulises Ojeda. 2005. *Interfacial Study of Copper Electrodeposition with the Electrochemical Quartz Crystal Microbalance*. University of North Texas.
- Nemati, M., Oveisi, M. R., Abdollahi, H., dan Sabzevari, O. 2004. Differentiation of bovine and porcine gelatins using principal component analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 34, 139-143.
- MSDS. 2013. “Aniline”. sciencelab.com, Inc., Houston, Texas.
- MSDS. 2013. “Nickel Oxide”. sciencelab.com, Inc., Houston, Texas.
- MSDS. 2014. “Nickel Hydroxide”. sciencelab.com, Inc., Houston, Texas.
- Pew Forum on Religion & Public Life. 2011. *The future global Muslim population projections for 2010-2030*. Washington: Pew Research Center.
- Sillen, L. G., Bjerrum, J., dan Martell, A. E. 1964. *Stability Constants of Metal-Ion Complexes*. Special Publication 17. London: The Chemical Society.
- SRS (Stanford Research System). 2011. *Operation and Service Manual QCM 200 Quartz Crystal Microbalance Digital Controller and QCM 25 5MHz Crystal Oscillator*. California: Stanford Research System, Inc.
- Subbaiah, T., Mallick, S.C., Mishra, K.G., Sanjay, K., Das, R.P. 2002. *Electrochemical precipitation of nickel hydroxide*. Journal of Power Sources 112 562–569.

Surin, B. 1991. *Terjemah dan Tafsir Alquranulkarim Adz-Dzikraa*. Bandung: Angkasa.

Ulfin, I., Krismurwani, I., Juwono, H., Wahyudi, A., dan Kurniawan, F. 2010. *Kimia Dasar*. Surabaya: ITSPress.

Van der Spiegel, M., van der Fels-Klerx, H.J., Sterrenburg, P., van Ruth, S.M., Scholten-Toma, I.M.J., dan Kok, E.J. 2012. *Halal assurance in food supply chains: Verification of halal certificates using audits and laboratory analysis*. Trends in Food Science & Technology 27, 109-119.

Venien, A., dan Levieux, D. 2005. Differentiation of bovine and porcine gelatines using polyclonal anti-peptide antibodies in indirect and competitive indirect ELISA. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 39, 418-424.

Wolf, C., dan Lüthy, J. 2001. *Quantitative competitive (QC) PCR for quantification of porcine DNA*. Meat Science 57 161-168.

Zhou, G.T., Yao, Q.Z., Wang, X., Yu, J.C. 2006. *Preparation and characterization of nanoplatelets of nickel hydroxide and nickel oxide*. Materials Chemistry and Physics 98 267-272.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

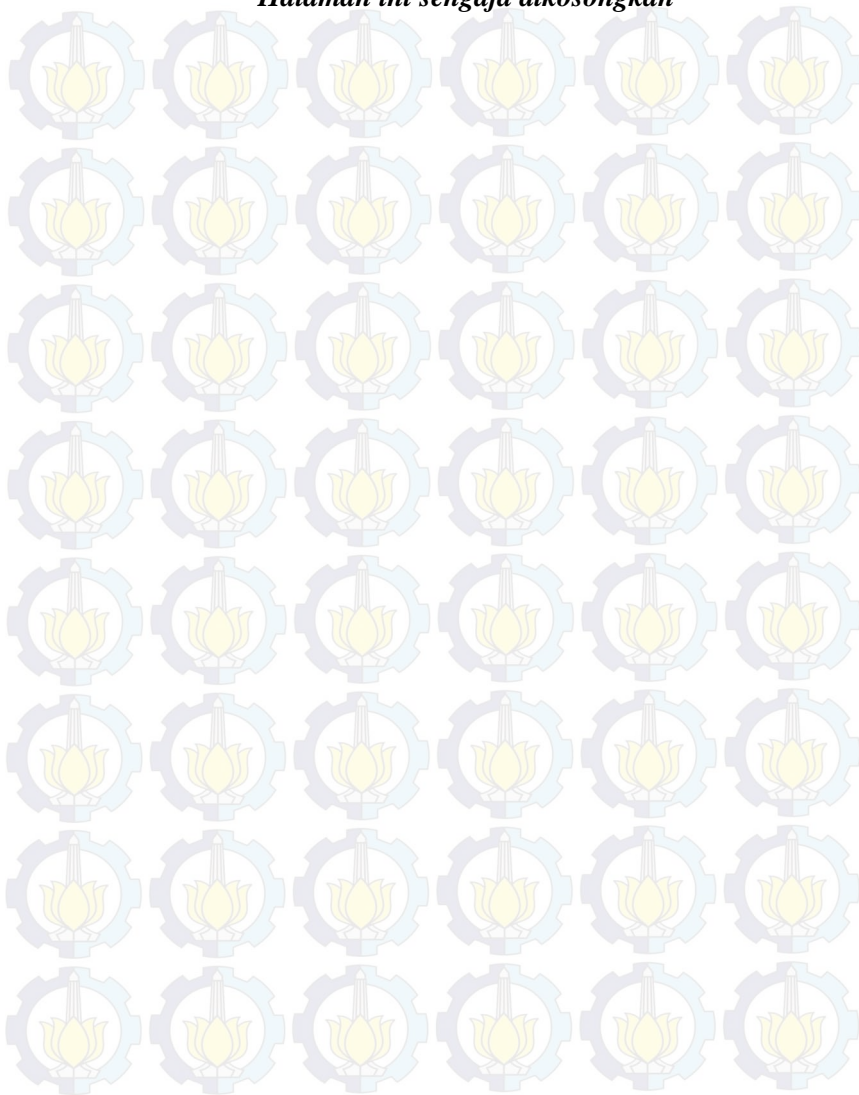
5.1. Kesimpulan

Gelatin sapi dan gelatin babi dapat dibedakan menggunakan sensor QCM termodifikasi polianilin dan $\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhidrat. Sensor QCM berlapis polianilin- $\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhidrat dapat membedakan larutan yang mengandung gelatin sapi dan larutan yang mengandung gelatin babi pada pH netral dikombinasi dengan metode voltametri siklik. Sensor QCM termodifikasi polianilin- $\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhidrat dapat digunakan sebagai pendeteksi adanya gelatin babi dalam air dengan batas deteksi 25 ppm.

5.2. Saran

Dalam penelitian ini, sensor QCM berlapis polianilin- $\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhidrat dibuat untuk mendeteksi jenis gelatin yang terlarut dalam air. Agar dapat digunakan dalam masyarakat luas, perlu penelitian lebih lanjut tentang zat-zat yang dapat mengganggu pendeteksian gelatin oleh sensor QCM berlapis polianilin- $\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhidrat dan metode preparasi sampel makanan yang cocok untuk sensor tersebut.

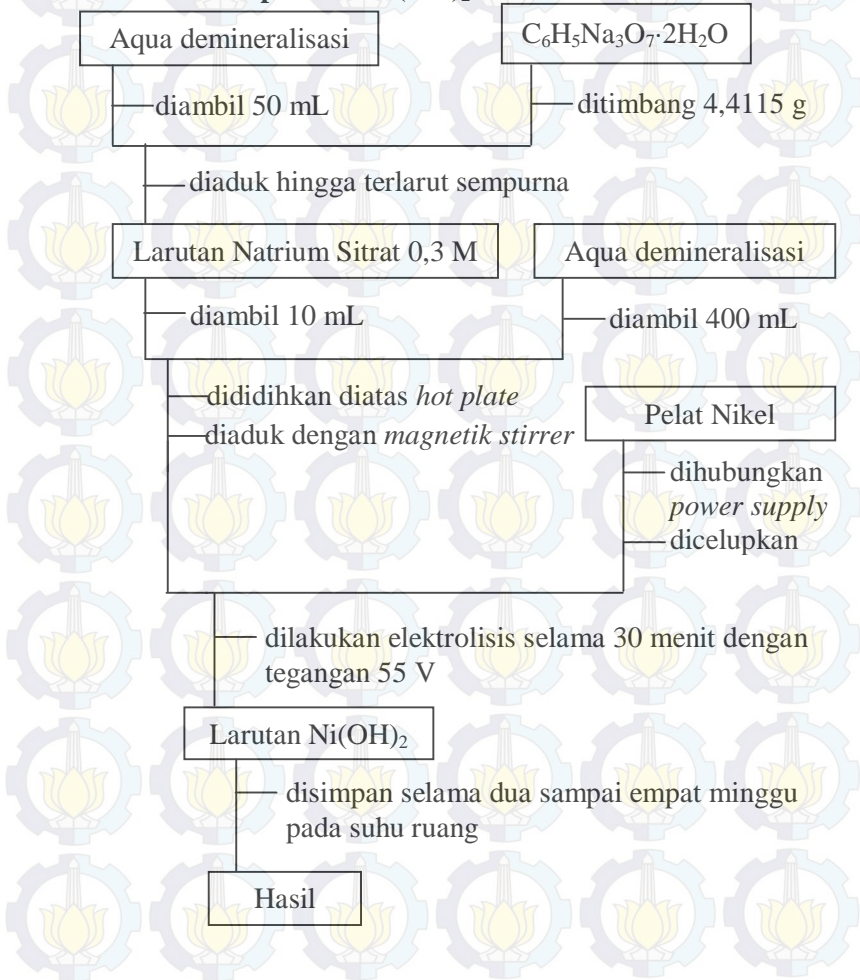
“Halaman ini sengaja dikosongkan”



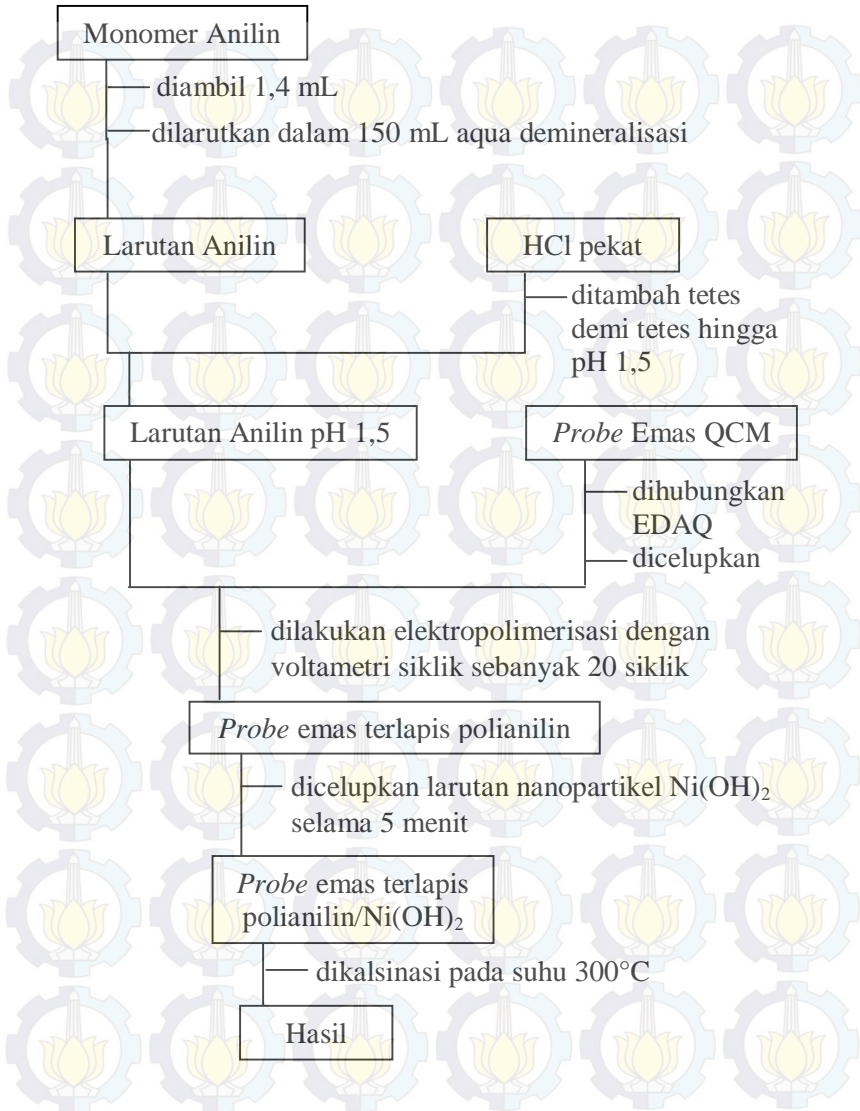
LAMPIRAN

LAMPIRAN A: SKEMA KERJA

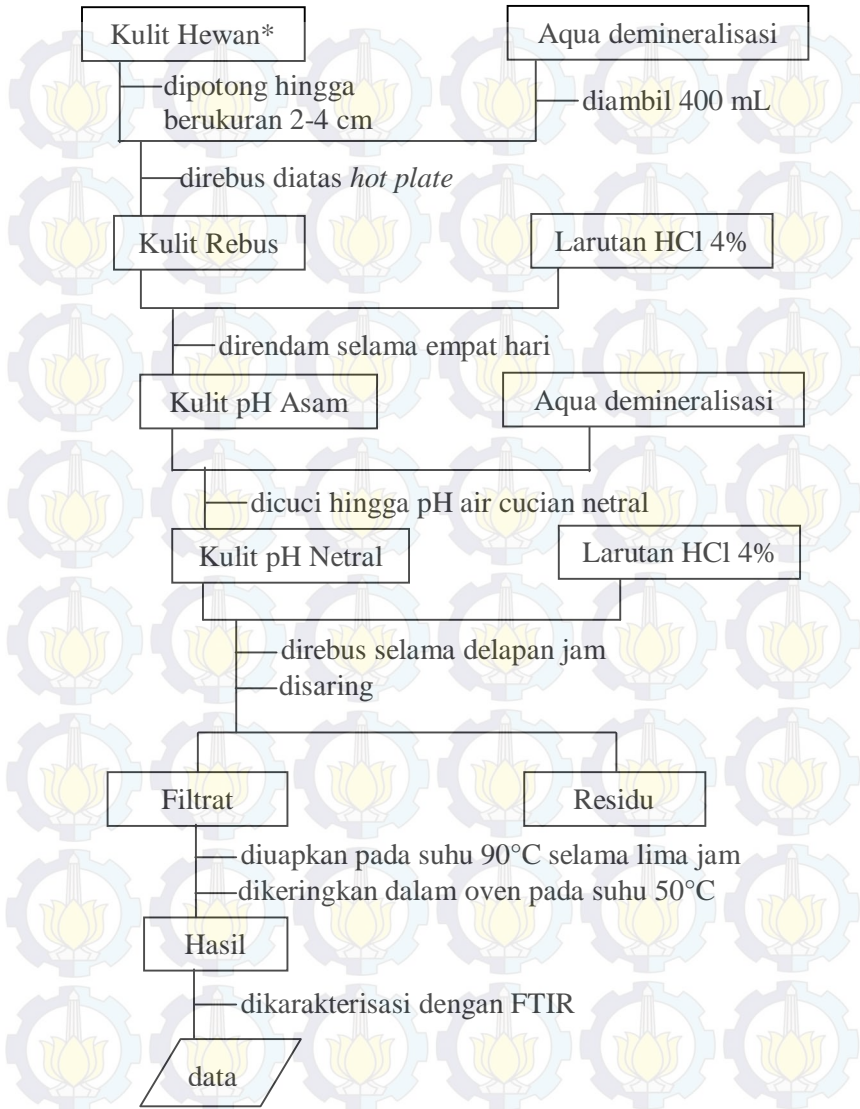
1. Sintesis Nanopartikel Ni(OH)₂



2. Pelapisan $\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhidrat pada *probe* QCM



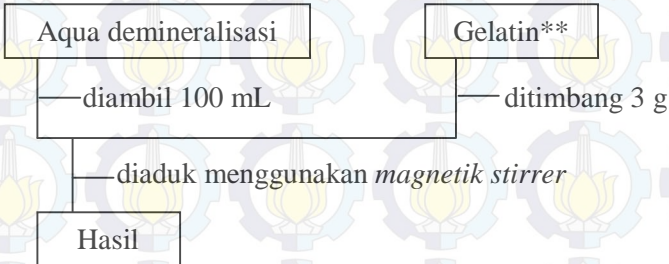
3. Ekstraksi Gelatin



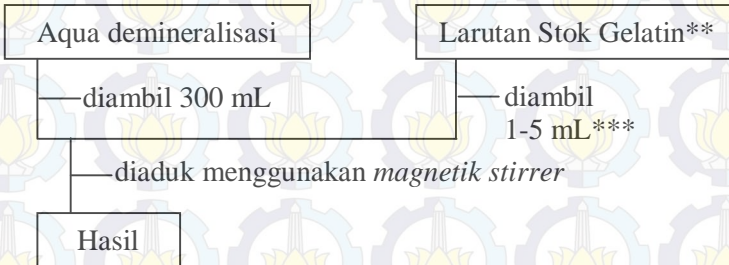
* kulit hewan yang digunakan adalah kulit sapi dan kulit babi

4. Pembuatan Larutan untuk Pengujian dengan QCM

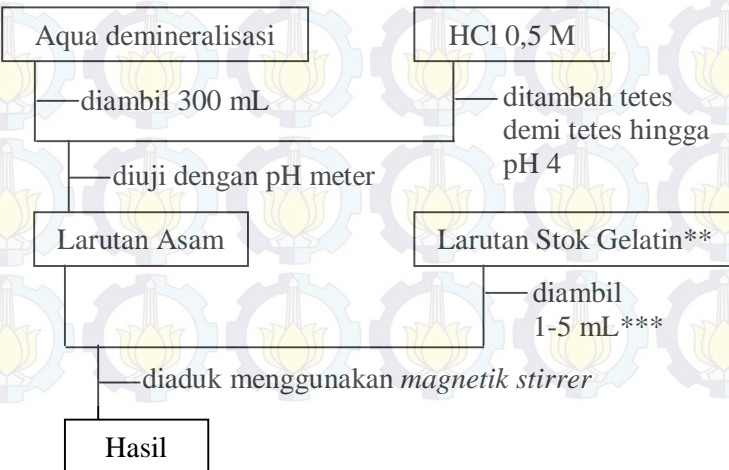
4.1. Pembuatan 100 mL Larutan Stok Gelatin 30.000 ppm



4.2. Pembuatan 300 mL Larutan Gelatin pH Netral



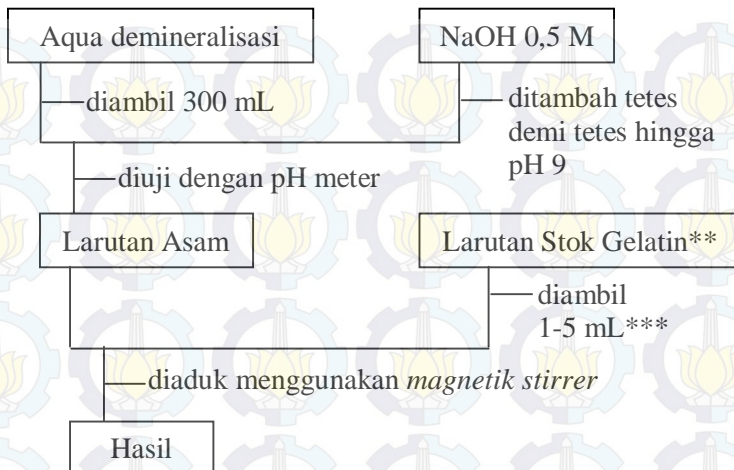
4.3. Pembuatan 300 mL Larutan Gelatin pH Asam



** dengan variasi gelatin: gelatin sapi dan gelatin babi

*** diambil sesuai dengan lampiran B.2

4.4. Pembuatan 300 mL Larutan Gelatin pH Basa



5. Pembuatan Larutan untuk Pengujian dengan QCM Dikombinasi dengan Siklik Voltametri

5.1. Pembuatan 300 mL Larutan Gelatin pH Netral

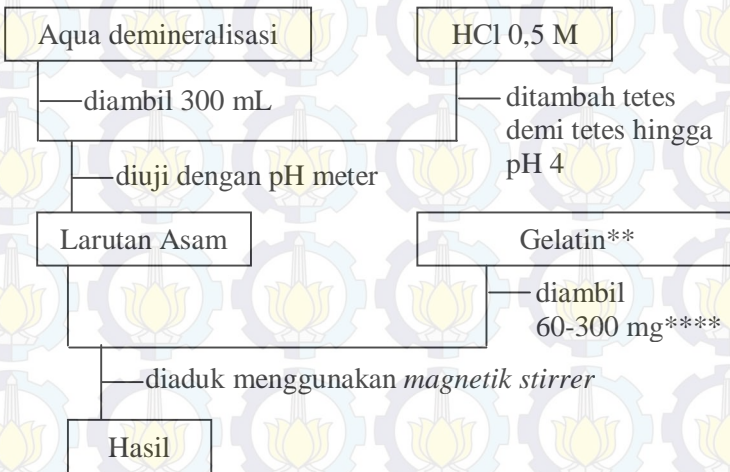


** dengan variasi gelatin: gelatin sapi dan gelatin babi

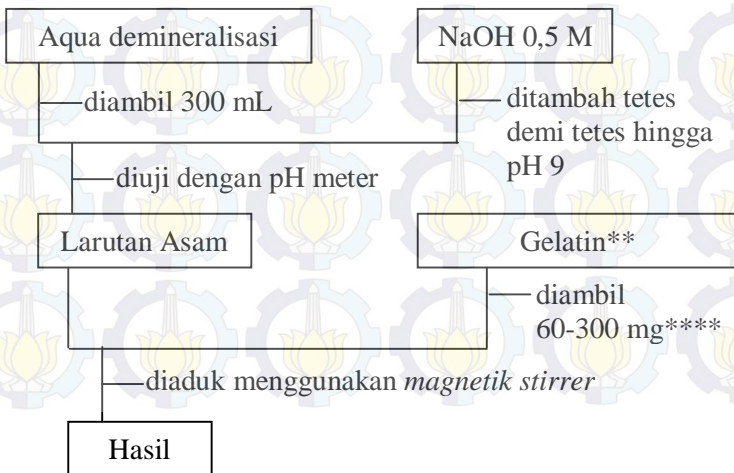
*** diambil sesuai lampiran B.2

**** diambil sesuai dengan lampiran B.3

5.2. Pembuatan 300 mL Larutan Gelatin pH Asam



5.3. Pembuatan 300 mL Larutan Gelatin pH Basa



** dengan variasi gelatin: gelatin sapi dan gelatin babi
**** diambil sesuai dengan lampiran B.3

LAMPIRAN B : PERHITUNGAN

1. Volume Anilin

Volume larutan anilin yang akan dibuat = 150 mL
= 0,15 L

M anilin = 0,1 M

Mr anilin = 93,13 g/mol

ρ anilin = 1,0217 g/mL

n anilin = $M \times V$
= 0,1 M \times 0,15 L
= 0,015 mol

m anilin = $n \times Mr$
= 0,015 mol \times 93,13 g/mol
= 1,39695 g

V anilin = m / ρ
= 1,39695 g / 1,0217 g/mL
= 1,36728 mL
= 1,4 mL

2. Perhitungan dalam Pembuatan Larutan Gelatin untuk Pengujian Dengan QCM

a) Pembuatan Larutan Stok Gelatin 30000 ppm 100 mL

$$30000ppm = \frac{30000mg \text{ gelatin}}{1 \text{ L air}} = \frac{3g}{100mL}$$

b) Pembuatan Larutan Gelatin 100 ppm 300 mL

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$30000ppm \times V_1 = 100ppm \times 300mL$$

$$V_1 = 1mL$$

c) Pembuatan Larutan Gelatin 200 ppm 300 mL

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$30000ppm \times V_1 = 200ppm \times 300mL$$

$$V_1 = 2mL$$

- d) Pembuatan Larutan Gelatin 300 ppm 300 mL

$$\begin{aligned} M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\ 30000 \text{ ppm} \times V_1 &= 300 \text{ ppm} \times 300 \text{ mL} \\ V_1 &= 3 \text{ mL} \end{aligned}$$

- e) Pembuatan Larutan Gelatin 400 ppm 300 mL

$$\begin{aligned} M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\ 30000 \text{ ppm} \times V_1 &= 400 \text{ ppm} \times 300 \text{ mL} \\ V_1 &= 4 \text{ mL} \end{aligned}$$

- f) Pembuatan Larutan Gelatin 500 ppm 300 mL

$$\begin{aligned} M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\ 30000 \text{ ppm} \times V_1 &= 500 \text{ ppm} \times 300 \text{ mL} \\ V_1 &= 5 \text{ mL} \end{aligned}$$

3. Perhitungan dalam Pembuatan Larutan Gelatin untuk Pengujian dengan QCM Dikombinasi dengan Siklik Voltametri

- a) Pembuatan Larutan Gelatin 200 ppm 300 mL

$$200 \text{ ppm} = \frac{200 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{60 \text{ mg}}{300 \text{ mL}}$$

- b) Pembuatan Larutan Gelatin 400 ppm 300 mL

$$400 \text{ ppm} = \frac{400 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{120 \text{ mg}}{300 \text{ mL}}$$

- c) Pembuatan Larutan Gelatin 600 ppm 300 mL

$$600 \text{ ppm} = \frac{600 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{180 \text{ mg}}{300 \text{ mL}}$$

- d) Pembuatan Larutan Gelatin 800 ppm 300 mL

$$800 \text{ ppm} = \frac{800 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{240 \text{ mg}}{300 \text{ mL}}$$

e) Pembuatan Larutan Gelatin 1000 ppm 300 mL

$$1000ppm = \frac{1000mg}{1L} = \frac{300mg}{300mL}$$

3. Perhitungan dalam Pembuatan Larutan Gelatin untuk Pengujian LOD

a) Pembuatan Larutan Gelatin 200 ppm 300 mL

$$200ppm = \frac{200mg}{1L} = \frac{60mg}{300mL}$$

b) Pembuatan Larutan Gelatin 100 ppm 300 mL

$$\begin{aligned} M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\ 200ppm \times V_1 &= 100ppm \times 300mL \\ V_1 &= 150mL \end{aligned}$$

c) Pembuatan Larutan Gelatin 50 ppm 300 mL

$$\begin{aligned} M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\ 100ppm \times V_1 &= 50ppm \times 300mL \\ V_1 &= 150mL \end{aligned}$$

d) Pembuatan Larutan Gelatin 25 ppm 300 mL

$$\begin{aligned} M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\ 50ppm \times V_1 &= 25ppm \times 300mL \\ V_1 &= 150mL \end{aligned}$$

e) Pembuatan Larutan Gelatin 12,5 ppm 300 mL

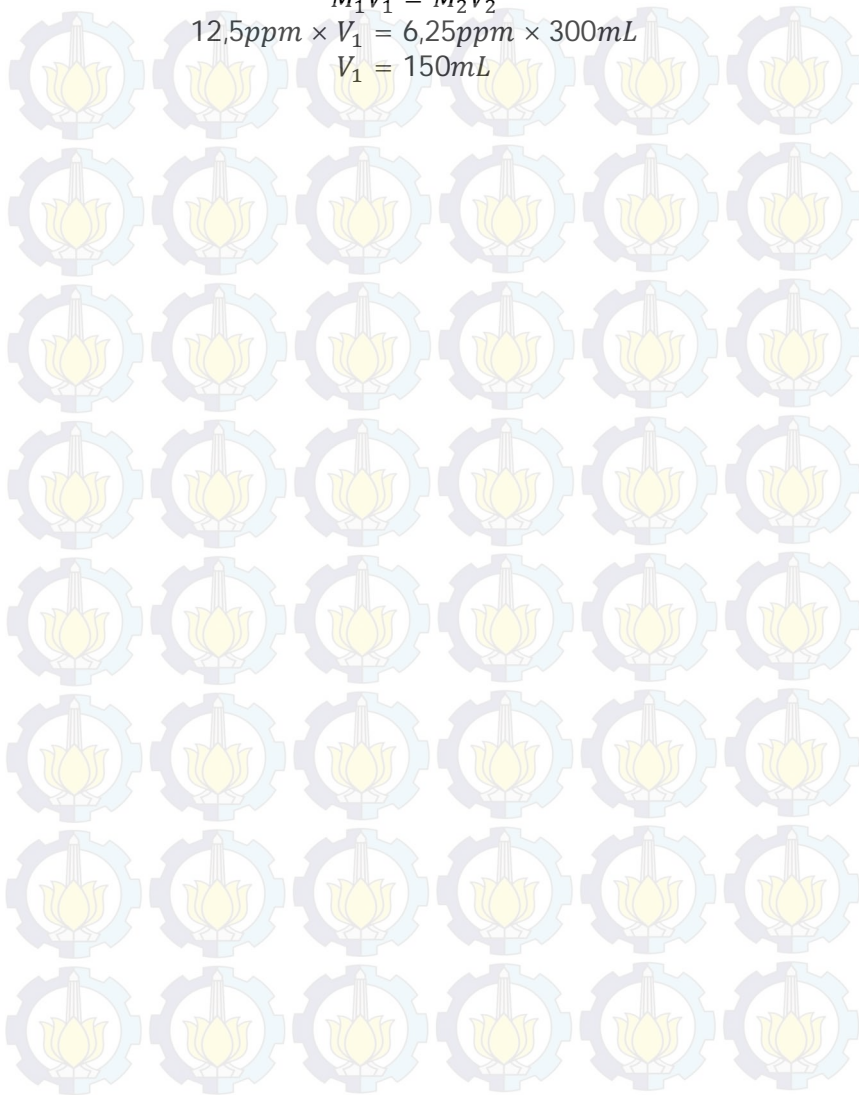
$$\begin{aligned} M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\ 25ppm \times V_1 &= 12,5ppm \times 300mL \\ V_1 &= 150mL \end{aligned}$$

f) Pembuatan Larutan Gelatin 6,25 ppm 300 mL

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$12,5\text{ppm} \times V_1 = 6,25\text{ppm} \times 300\text{mL}$$

$$V_1 = 150\text{mL}$$

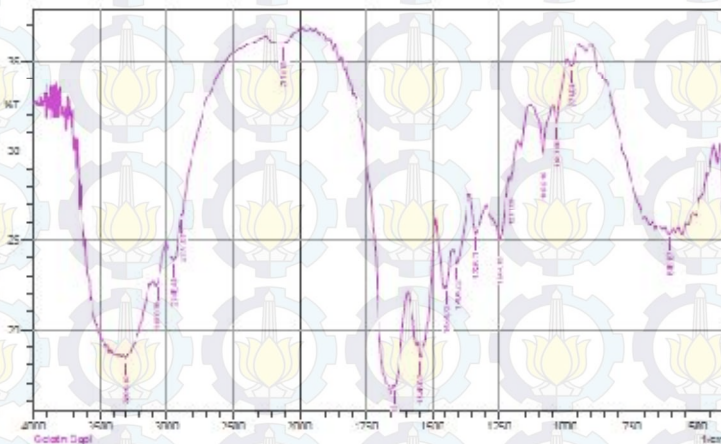


LAMPIRAN C: DATA KARAKTERISASI

1. FTIR

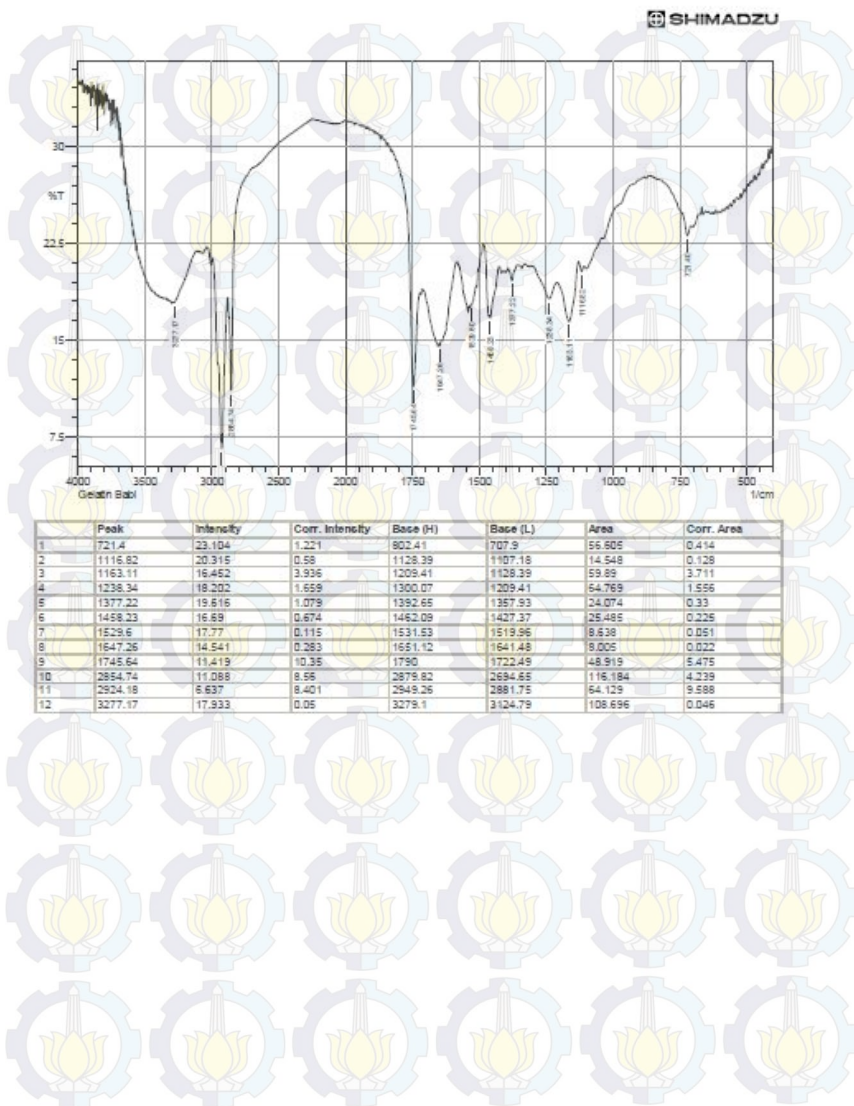
a. Gelatin Sapi Sebelum Perlakuan Siklik Voltametri

EHIMADZU

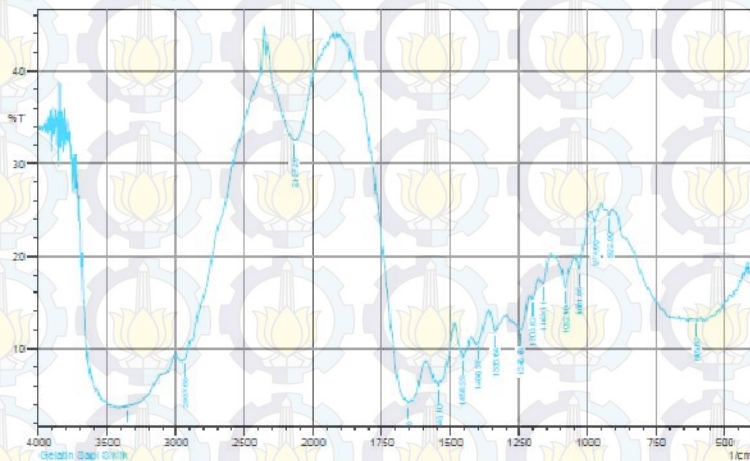


	Peak	Intensity	Gain Intensity	Baseline	Baseline	Area	Gain Area
1	3300.1	24.134	0.714	3311.1	3301.17	17.114	0.021
2	2974.03	34.40	0.703	2977.22	2970.81	17.494	0.021
3	1651.6	21.345	1.531	1646.45	1651.33	27.7	0.0421
4	1548.2	29.807	2.716	1532.25	1547.38	42.444	1.047
5	1454.3	29.34	0.002	1450.41	1457.22	18.473	0.042
6	1321.1	43.847	2.913	1320.1	1311.49	48.513	2.072
7	1251.2	24.163	2.916	1241.83	1248.14	34.714	1.042
8	1132.2	23.7	1.002	1121.00	1122.00	37.000	0.027
9	1041.4	21.757	0.425	1048.53	1041.51	15.889	0.084
10	1021.4	18.127	0.812	1022.16	1021.16	14.003	0.31
11	1001.4	16.703	0.02	1040.33	1001.4	40.222	0.300
12	981.2	35.973	0.045	2129.48	2101.48	11.58	0.001
13	961.2	24.104	0.717	968.6	976.66	799.174	0.034
14	941.2	23.651	1.864	3001.27	2897.53	70.447	2.072
15	921.2	22.573	0.073	3071.11	3001.2	42.215	0.105
16	901.2	18.107	0.326	2211.47	2381.02	36.95	0.103

b. Gelatin Babi Sebelum Perlakuan Siklik Voltametri

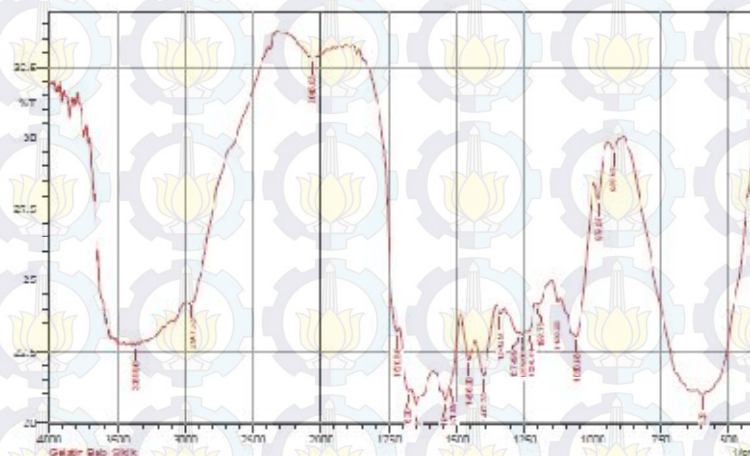


c. Gelatin Sapi Setelah Perlakuan Siklik Voltametri

 SHIMADZU


	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	1605.87	13.128	0.048	811.45	603.74	6.796	0.005
2	1522	24.453	0.589	929.72	910.43	11.695	0.098
3	1458.23	23.621	1.585	989.52	952.87	22.358	0.468
4	1336.64	16.630	2.531	1045.45	989.52	37.5	1.147
5	1203.62	16.587	3.498	1134.18	1047.38	62.843	2.372
6	1175.62	17.049	1.448	1175.62	1126.11	25.84	0.6
7	1103.62	15.385	0.767	1211.34	1175.62	25.815	0.362
8	1047.38	12.076	2.83	1296.21	1213.27	73.16	4.061
9	1000.00	11.949	2.001	1357.93	1298.14	53.204	1.904
10	1400.37	10.616	0.164	1402.3	1359.86	38.483	0.099
11	1458.23	8.985	0.899	1485.24	1452.45	32.075	0.601
12	1543.1	5.91	0.643	1554.68	1537.32	20.884	0.343
13	1605.87	4.196	0.257	1630.04	1651.12	10.550	0.119
14	2137.2	32.53	8.319	2341.66	1996.39	153.655	22.053
15	2537.88	8.735	0.351	2545.4	2891.39	54.797	0.51
16	3263.97	3.814	0.019	3265.9	3356.16	10.926	0.012

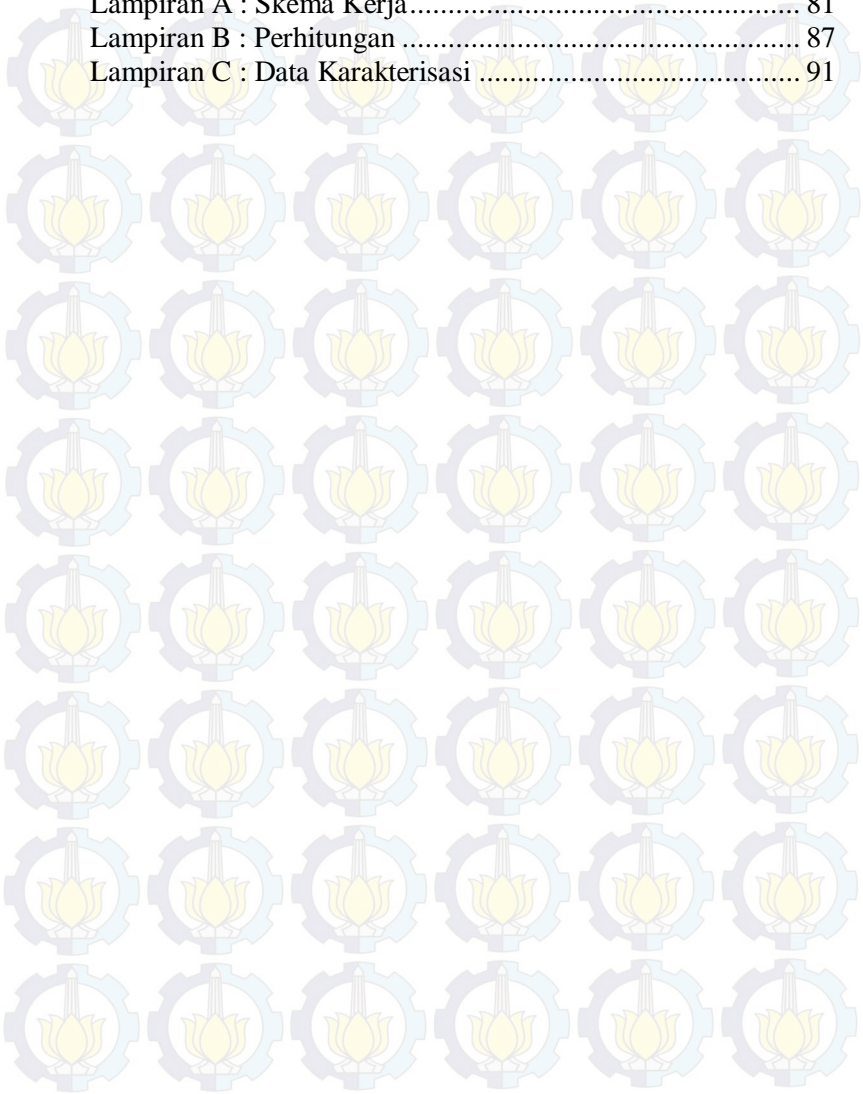
d. Gelatin Babi Setelah Perlakuan Siklik Voltametri



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Area (H)	Area (L)	Area	Corr. Area
1	556.62	23.562	0.1161	6.5333	578.69	34.6377	0.0425
2	555.33	23.8916	0.1256	9.3333	587.23	34.7477	0.0473
3	570.67	23.7123	0.1169	9.6667	567.73	35.1437	0.0481
4	1000.00	23.6406	0.0021	1073.40	220.3	40.3500	0.0070
5	1150.52	24.189	0.0029	1349.61	118.75	32.6515	0.0117
6	1189.76	24.122	0.171	1207.48	1151.54	34.1165	0.0601
7	1236.61	20.1908	0.2369	1214.9	1209.11	21.7769	0.0496
8	1259.58	23.1138	0.0655	1271.33	1246.36	12.554	0.0169
9	1274.99	23.1981	0.0523	1265.76	1215.36	54.1788	0.0156
10	1340.57	23.8162	0.2456	1284.07	1337.27	16.758	0.0585
11	1422.2	23.6246	1.60	1236.2	1266	17.2369	1.1491
12	1456.3	22.152	1.142	1353.31	1431.23	53.9311	0.568
13	1521.89	21.2923	0.1263	1521.82	1485.24	24.9051	0.08
14	1521.18	18.7677	0.2086	1451.76	1676.74	18.7465	0.1872
15	1623.05	28.2054	0.0723	1606.40	1600.4	23.4230	0.0602
16	1760.62	27.2694	0.2529	1712.05	1767.34	36.7173	0.0619
17	1760.64	23.1517	0.0818	1844.88	1710.162	70.2383	0.0838
18	2058.83	32.1756	0.0714	2044.40	2054.36	101.3501	0.0615
19	2047.33	24.2309	1.031	2048.20	2207.26	303.0244	5.1402
20	2595.4	27.4598	1.031	2581.45	1591.46	13.8584	0.0116

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Skema Kerja.....	81
Lampiran B : Perhitungan	87
Lampiran C : Data Karakterisasi	91



LEMBAR PENGESAHAN

DETEKSI GELATIN BABI MENGGUNAKAN SENSOR EMAS TERMODIFIKASI NANOPARTIKEL $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ANHIDRAT PADA *QUARTZ CRYSTAL* *MICROBALANCE*

SKRIPSI

Disusun Oleh:

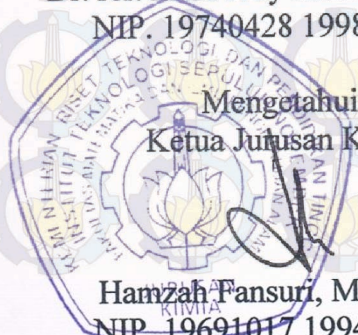
RANGGA AJI BASKARA
NRP. 1411 100 002

Surabaya, 21 Mei 2015

Disetujui oleh Dosen Pembimbing,


Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.
NIP. 19740428 199802 1 001

Mengetahui :
Ketua Jurusan Kimia,


Hamzah Fansuri, M.Si, Ph.D
NIP. 19691017 199412 1 001

DETEKSI GELATIN BABI MENGGUNAKAN SENSOR EMAS TERMODIFIKASI NANOPARTIKEL $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ANHIDRAT PADA *QUARTZ CRYSTAL MICROBALANCE*

Nama : Rangga Aji Baskara
NRP : 1411100002
Jurusan : Kimia FMIPA-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.

Abstrak

Sensor Quartz Crystal Microbalance (QCM) emas berlapis $\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhidrat telah berhasil dibuat. $\text{Ni}(\text{OH})_2$ disintesis menggunakan metode pengendapan secara elektrokimia. Selanjutnya untuk menempelkan $\text{Ni}(\text{OH})_2$ dilakukan pelapisan polianilin pada permukaan *probe* QCM. Pelapisan polianilin pada permukaan *probe* QCM dilakukan menggunakan metode siklik voltametri. $\text{Ni}(\text{OH})_2$ dilapiskan pada permukaan *probe* QCM dengan metode *layer by layer*. Selanjutnya *probe* QCM dipanaskan untuk mengubah $\text{Ni}(\text{OH})_2$ menjadi $\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhidrat. Kemudian QCM dicelupkan disertai penerapan metode siklik voltametri dalam larutan gelatin sapi dan larutan gelatin babi untuk menguji perbedaan gelatin sapi dan gelatin babi. Sensor tersebut dapat mendeteksi adanya perbedaan jenis gelatin dalam larutan. LOD (*Limit of Detection*) sensor yang telah dibuat adalah 25 ppm.

Kata Kunci: Gelatin, Babi, Sapi, Quartz Crystal Microbalance, Potensiostat, Elektrolisis.

**PORCINE GELATINE DETECTION USING GOLD
SENSING MODIFIED WITH $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ANHYDRATE
NANOPARTICLES BY *QUARTZ CRYSTAL
MICROBALANCE***

Name : Rangga Aji Baskara
NRP : 1411100002
Major : Kimia FMIPA-ITS
Supervisor : Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.

Abstract

$\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhydrate modified gold Quartz Crystal Microbalance (QCM) has been successfully prepared. $\text{Ni}(\text{OH})_2$ was synthesized by electrolysis method. Polyaniline (PANI) was layered onto QCM probe surface to attach $\text{Ni}(\text{OH})_2$. PANI was layered onto QCM probe surface by cyclic voltammetry method. $\text{Ni}(\text{OH})_2$ was layered to QCM probe by dipping the probe in the colloidal suspension of $\text{Ni}(\text{OH})_2$ for 5 minutes. After that the probe is heated to change $\text{Ni}(\text{OH})_2$ to be $\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhydrate. Sensor was used to test the differences between porcine and bovine gelatin by dipping the QCM and applying cyclic voltammetry method. By this method, sensor prepared can be used to differentiate the type of gelatin solution. Limit of Detection (LOD) of the sensor prepared is 25 ppm.

Keywords : Gelatin, Porcine, Bovine, Quartz Crystal Microbalance, Potensiostat, Electrolysis.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah penulis ucapkan kepada Allah Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan naskah rancangan tugas akhir berjudul Deteksi Gelatin Babi Menggunakan Sensor Emas Termodifikasi Nanopartikel $\text{Ni}(\text{OH})_2$ Anhidrat Pada QCM. Naskah ini tidak akan terwujud tanpa dorongan, bantuan, dan arahan berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pembimbingan dan pengarahan selama proses penyusunan naskah kolokium ini.
2. Drs. Djoko Hartanto, M.Si, selaku dosen wali atas pengarahannya dalam pemberian wawasan tentang bidang-bidang kimia.
3. Orang tua, dua adik saya serta orang-orang terdekat yang telah memberikan dukungan, dorongan, serta doa.
4. Teman-teman Laboratorium (Khususnya Nadhifah, Ari Nugroho dan Lourentia Candle) atas motivasi yang diberikan secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis mengakui, bahwa naskah ini masih sangat banyak memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran-saran yang bersifat membangun. Semoga naskah ini dapat menginspirasi bagi pihak-pihak lain yang sedang menekuni bidang yang sama.

Surabaya, 21 Mei 2015

Penulis

DAFTAR ISI

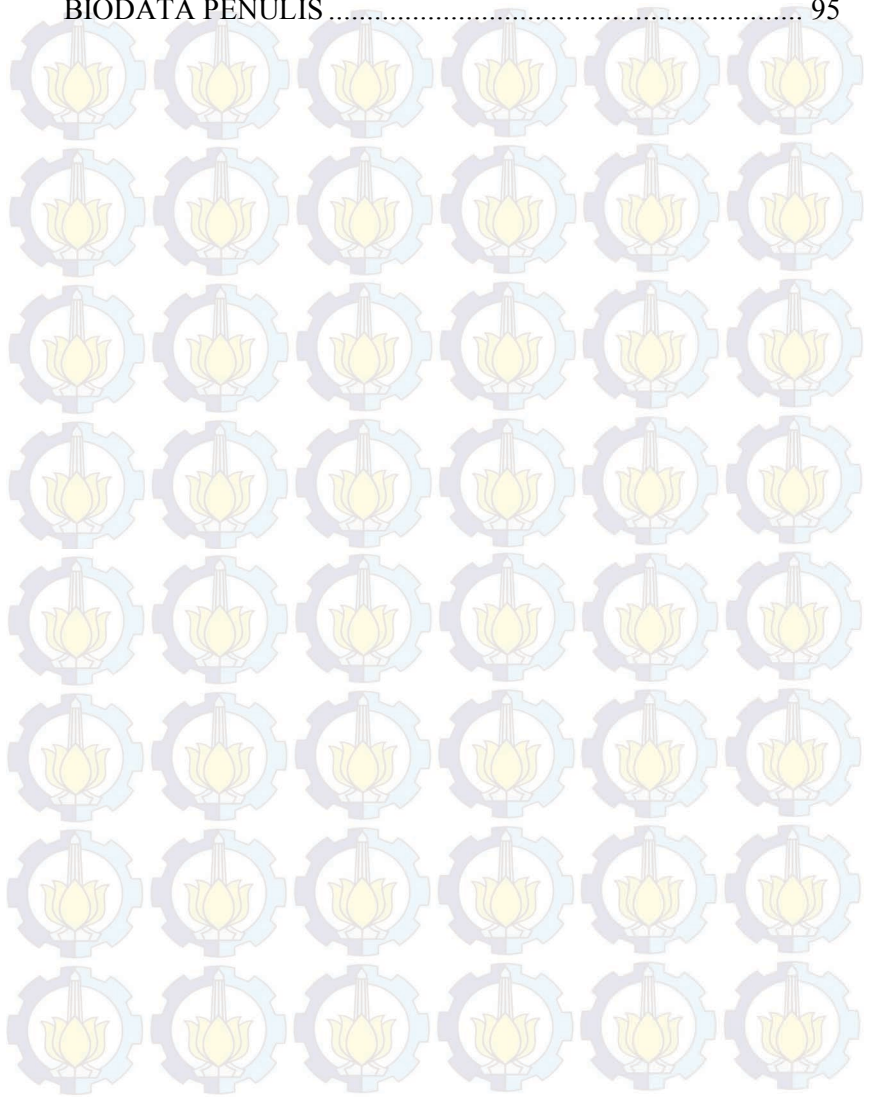
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
Abstrak.....	v
<i>Abstract</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sensor.....	5
2.1.1. Sensor Kimia.....	5
2.1.2. Klasifikasi Sensor.....	5
2.1.3. Quartz Crystal Microbalance (QCM).....	6
2.1.3.1. Piezoelektrisitas.....	7
2.1.3.2. Electrochemical Quartz Crystal Microbalance (EQCM) dan Kalibrasi QCM.....	8
2.1.3.3. Dasar-Dasar Elektrolisis.....	10
2.1.3.4. Aplikasi QCM.....	11
2.1.3.5. Prosedur Pemasangan QCM.....	11
2.2 Material	14

2.2.1.	Anilin.....	14
2.2.2.	Nikel (II) Hidroksida.....	16
2.2.3.	Nikel Oksida.....	17
2.2.4.	Gelatin.....	18
2.2.4.1.	Komposisi dan Sifat Gelatin.....	19
2.2.4.2.	Produksi Gelatin.....	20
2.2.4.3.	Perlakuan Awal.....	21
2.2.4.4.	Ekstraksi.....	21
2.2.4.5.	Pemurnian.....	22
2.2.5.	Kegunaan Gelatin.....	22
2.3	Tren Bisnis Makanan Halal	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		25
3.1	Alat dan Bahan	25
3.1.1	Alat.....	25
3.1.2.	Bahan.....	25
3.2	Prosedur Penelitian	25
3.2.1	Preparasi Gelatin.....	25
3.2.2	Rancangan Peralatan	26
3.2.3	Pembuatan Larutan Natrium Sitrat 0,3 M	27
3.2.4	Sintesis Ni(OH) ₂	27
3.2.5	Pelapisan Polianilin.....	28
3.2.6	Pelapisan Ni(OH) ₂ pada QCM.....	28
3.2.7.	Pembuatan Blanko dan Larutan Stok Gelatin untuk Pengujian dengan QCM.....	29

3.2.8.	Pembuatan Blanko dan Larutan Gelatin untuk Pengujian dengan QCM Dikombinasikan dengan Voltametri siklik.....	29
3.2.9.	Pengujian Larutan Gelatin.....	29
3.2.10.	Pengujian LOD (<i>Limit of Detection</i>) Gelatin Babi.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Preparasi Bahan	31
4.1.1.	Sintesis Ni(OH) ₂	31
4.1.2.	Pelapisan Polianilin.....	32
4.1.3.	Pelapisan Ni(OH) ₂ Anhidrat.....	34
4.2	Karakterisasi Sensor.....	36
4.2.1	Pengujian Larutan Gelatin dengan QCM	36
4.2.1.1.	Pengujian Larutan Gelatin pada pH 7.....	36
4.2.1.2.	Pengujian Larutan Gelatin pada pH 4.....	42
4.2.1.3.	Pengujian Larutan Gelatin pada pH 9.....	47
4.2.2	Pengujian Larutan Gelatin dengan QCM Dikombinasi dengan Voltametri siklik	52
4.2.2.1.	Pengujian Larutan Gelatin pada pH 7.....	52
4.2.2.2.	Pengujian Larutan Gelatin pada pH 4.....	59
4.2.2.3.	Pengujian Larutan Gelatin pada pH 9.....	65
4.3	Uji Limit of Detection (LOD).....	70
4.4	Karakterisasi IR pada Gelatin	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		75
5.1	Kesimpulan.....	75
5.2	Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA		77

LAMPIRAN 81

BIODATA PENULIS 95



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Satu set alat QCM.....	6
Gambar 2.2 Kristal quartz.....	8
Gambar 2.3 Rangkaian alat EQCM (SRS. 2011).	9
Gambar 2.4 Komponen <i>holder</i> sensor QCM.....	11
Gambar 2.5 Memasukkan sensor.....	12
Gambar 2.6 Sensor diputar 90°.....	12
Gambar 2.7 Sensor ditutup <i>retainer ring</i>	13
Gambar 2.8 Sensor ditutup <i>retainer cover</i>	13
Gambar 2.9 Satu set <i>Crystal Oscillator</i>	13
Gambar 2.10 Struktur Anilin.....	14
Gambar 2.11 Mekanisme reaksi pembentukan polianilin.....	15
Gambar 2.12 Nikel Hidroksida.....	16
Gambar 2.13 Bunsenit, suatu mineral Nikel Oksida.....	18
Gambar 2.14 Gelatin Lembaran.....	19
Gambar 2.15 Persentasi sumber gelatin.....	20
Gambar 4.1 Larutan Nikel (II) Hidroksida.....	31
Gambar 4.2 Siklik voltamogram dari polimerisasi anilin.....	32
Gambar 4.3 Hasil data QCM saat polimerisasi anilin.....	33
Gambar 4.4 Hasil foto mikroskop optik. (a) sensor emas sebelum dilapisi apapun, (b) setelah dilapisi polianilin, (c) setelah dilapisi Ni(OH) ₂ , (d) setelah dipanaskan pada 300°C.....	34
Gambar 4.5 Hasil termogram dari Ni(OH) ₂ (Budipramana, dkk. 2014).....	35
Gambar 4.6 Hasil pengujian dengan sensor emas pada pH 7 terhadap larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b).....	37
Gambar 4.7 Hasil pengujian larutan gelatin dengan emas terlapis polianilin pada pH 7 terhadap larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b).	39
Gambar 4.8 Hasil pengujian larutan gelatin dengan sensor emas terlapis polianilin-Ni(OH) ₂ anhidrat pada pH 7 terhadap larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b).....	41

Gambar 4.9 Hasil pengujian larutan gelatin dengan sensor emas pada pH 4 terhadap larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b)	43
Gambar 4.10 Hasil pengujian larutan gelatin dengan sensor emas terlapis polianilin pada pH 4 terhadap larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b)	44
Gambar 4.11 Hasil pengujian larutan gelatin dengan sensor emas terlapis polianilin-Ni(OH) ₂ anhidrat pada pH 4 terhadap larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b)	46
Gambar 4.12 Hasil pengujian larutan gelatin dengan sensor emas pada pH 9 terhadap larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b)	48
Gambar 4.13 Hasil pengujian larutan gelatin dengan sensor emas terlapis polianilin pada pH 9 terhadap larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b)	49
Gambar 4.14 Hasil pengujian larutan gelatin dengan sensor emas terlapis polianilin-Ni(OH) ₂ anhidrat pada pH 9 terhadap larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b)	51
Gambar 4.15 Hasil data QCM pada pengujian larutan gelatin dengan sensor emas pada pH 7 dikombinasi dengan voltametri siklik	53
Gambar 4.16 Hasil siklik voltamogram pengujian larutan gelatin menggunakan sensor emas pada pH 7 dikombinasi voltametri siklik	54
Gambar 4.17 Hasil data sensor emas terlapis polianilin pada pH 7 terhadap larutan gelatin dikombinasi dengan metode voltametri siklik. (a) data QCM; (b) data siklik voltamogram.....	55
Gambar 4.18 Hasil data QCM pada pH 7 terhadap larutan: gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b).....	57
Gambar 4.19 Hasil data siklik voltamogram dalam pengujian larutan gelatin sapi (a) dan gelatin babi (b)	

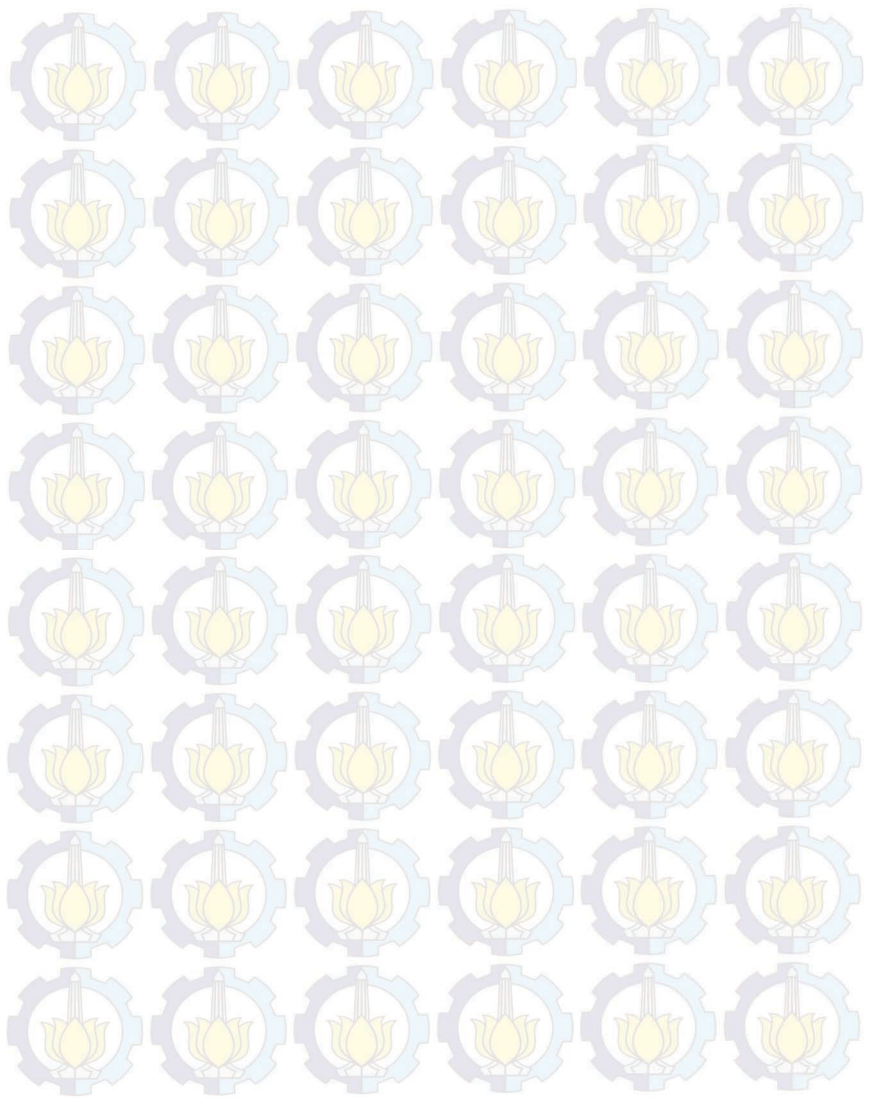
dengan sensor emas terlapis polianilin-Ni(OH) ₂ anhidrat pada pH 7	58
Gambar 4.20 Hasil data sensor emas pada pH 4 terhadap larutan gelatin dikombinasi dengan metode voltametri siklik. (a) data QCM; (b) data siklik voltamogram	60
Gambar 4.21 Hasil data sensor emas terlapis polianilin pada pH 4 terhadap larutan gelatin dikombinasi dengan metode voltametri siklik. (a) data QCM; (b) data siklik voltamogram.....	62
Gambar 4.22 Hasil data sensor emas terlapis polianilin- Ni(OH) ₂ anhidrat pada pH 4 terhadap larutan gelatin dikombinasi dengan metode voltametri siklik. data QCM (a); data siklik voltamogram (b)	64
Gambar 4.23 Hasil data sensor emas pada pH 9 terhadap larutan gelatin dikombinasi dengan metode voltametri siklik. (a) data QCM; (b) data siklik voltamogram.....	66
Gambar 4.24 Hasil data sensor emas terlapis polianilin pada pH 9 terhadap larutan gelatin dikombinasi dengan metode voltametri siklik. (a) data QCM; (b) data siklik voltamogram.....	67
Gambar 4.25 Hasil data sensor emas terlapis polianilin- Ni(OH) ₂ anhidrat pada pH 9 terhadap larutan gelatin dikombinasi dengan metode voltametri siklik. (a) data QCM; (b) data siklik voltamogram	69
Gambar 4.26 Hasil data siklik voltamogram (a) dan QCM (b) dalam pengujian LOD terhadap larutan gelatin babi.....	71
Gambar 4.27 Hasil karakterisasi Infra Merah terhadap gelatin babi (atas) dan gelatin sapi (bawah).....	72
Gambar 4.28 Hasil karakterisasi IR pada gelatin sapi (atas) dan gelatin babi (bawah) yang telah diberi perlakuan voltametri siklik	73

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Brebes pada tanggal 9 April 1993 dengan nama lengkap Rangga Aji Baskara, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SD Negeri Pucang III Sidoarjo, SMP Negeri 2 Sidoarjo dan SMA Negeri 1 Sidoarjo. Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Sidoarjo, penulis mengikuti SNMPTN Undangan dan diterima di jurusan Kimia ITS Surabaya pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP. 1410 100 002. Di Jurusan Kimia FMIPA ITS. Penulis mengambil bidang minat Kimia Instrumentasi dan Sains Analitik dalam menyelesaikan Tugas Akhir jenjang S1 dibawah bimbingan Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si. Selama kuliah, penulis aktif mengikuti olimpiade dan memperoleh juara 1 tingkat provinsi pada OSN Pertamina Bidang Teori Kimia tahun 2013 dan juara 3 tingkat nasional pada ONMIPA bidang kimia tahun 2014. Penulis juga pernah aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMKA) sebagai staf Departemen Riset dan Teknologi pada tahun 2013-2014 dan Paguyuban Karya Salemba Empat sebagai staf departemen *Research and Development* Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Kimia Dasar II tahun 2014. Penulis menerima saran, kritik, dan diskusi melalui email ranggaajibaskara@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gelatin adalah salah satu bahan makanan yang banyak dipakai oleh masyarakat. Gelatin digunakan sebagai bahan penstabil, penebal, dan pembaik tekstur pada roti. Gelatin dapat dihasilkan dari kulit maupun tulang babi, sapi, atau ikan. Babi dan sapi, baik tulang maupun kulitnya adalah bahan dasar gelatin yang paling banyak dipakai di seluruh dunia.

Pada umumnya masyarakat tidak mengetahui asal gelatin yang biasa diperjual-belikan di pasar, sebab pada kemasan gelatin yang beredar tidak dicantumkan merk dan bahan asal gelatin. Padahal beberapa agama memiliki aturan diet tertentu tentang makanan, misalnya pengharaman babi oleh umat Islam dan Yahudi.

Islam adalah salah satu agama dengan jumlah penganut terbesar di dunia. Dalam hal pemilihan makanan, Islam memiliki hukum tentang pengharaman babi. Selain agama Islam, agama Yahudi juga mengharamkan babi dan dikategorikan sebagai makanan *non-kosher*.

Oleh karena itu pemeluk kedua agama tersebut perlu mengetahui komponen makanan yang akan mereka makan. Banyak peneliti telah mengembangkan teknik pendeteksian komponen makanan yang berasal dari babi, khususnya gelatin. Gelatin babi banyak disalahgunakan oleh pedagang makanan karena harganya yang lebih murah namun sifat fisik serta kimianya tidak jauh berbeda dengan gelatin yang berasal dari hewan halal/*kosher* misalnya sapi.

Akhir-akhir ini, industri makanan di seluruh dunia mulai memperhitungkan permintaan konsumen mengenai makanan halal/*kosher*. Hal ini disebabkan permintaan makanan halal yang semakin meningkat (Pew Forum on

Religion & Public Life, 2011). Permintaan makanan halal yang meningkat disebabkan terjadinya peningkatan jumlah penduduk muslim dunia (Islam adalah agama dengan peningkatan jumlah pemeluk paling pesat di dunia), mulai meningkatnya kesadaran terhadap produk-produk halal, dan mulai dipandang status halal pada makanan sebagai jaminan keamanan produk. Saat ini, total nilai industri makanan halal telah mencapai 560 miliar USD. Bisnis makanan halal di Indonesia telah mencapai nilai 70 miliar USD, dengan pertumbuhan 7-10% per tahun (GIFR, 2013). Karena kehalalan produk makanan mulai diperhatikan, peneliti memilih untuk melakukan penelitian pengujian bahan asal gelatin, karena gelatin adalah salah satu bahan pangan yang digunakan luas dalam industri makanan, kosmetik, dan obat-obatan.

Pendeteksian bahan baku gelatin yang telah dilaporkan adalah Uji FTIR (Hashim, dkk. 2010), Analisa Asam Amino (Nemati, dkk. 2004), PCR (Wolf dan Lüthy. 2001; Aida, dkk. 2005; dan Demirhan, Ulca, dan Senyuwa. 2012). dan ELISA (Venien dan Levieux. 2005). Kelemahan uji FTIR umumnya tidak memberikan perbedaan data yang signifikan sehingga diperlukan pengolahan data lebih lanjut. Sedangkan kelemahan metode Analisa asam amino, PCR, dan ELISA adalah membutuhkan banyak pengulangan, tenaga berpengalaman karena sampel yang sangat sensitif, dan banyaknya penggunaan reagen. Metode lain seperti penggunaan QCM (*Quartz Crystal Microbalance*) belum pernah dilaporkan.

QCM adalah alat yang dapat mengukur perubahan frekuensi getaran suatu material piezoelektrik. Jika suatu zat menempel pada material piezoelektrik tersebut, terjadilah perubahan frekuensi yang dapat diubah dengan perhitungan menjadi perubahan massa yang menempel pada sensor QCM. QCM memiliki kelebihan yaitu praktis dan mudah dalam

penggunaannya, tidak selalu membutuhkan reagen yang mahal, serta sensitivitas yang tinggi.

Gelatin sapi dan gelatin babi memiliki pasangan elektron bebas (PEB) pada atom O pada ikatan peptidanya. PEB ini dapat berikatan dengan atom-atom yang memiliki orbital kosong dan membentuk ikatan kovalen koordinasi. Akan tetapi gelatin sapi dan gelatin babi memiliki komposisi asam amino yang berbeda. Perbedaan komposisi ini mengakibatkan perbedaan sifat adsorpsi gelatin dan perbedaan kestabilan ikatan yang terbentuk antara atom O pada gelatin dengan bahan aktif yang memiliki orbital kosong tersebut. Perbedaan-perbedaan tersebut menunjukkan bahwa QCM memiliki kemungkinan untuk dijadikan sebagai alat pendeteksi perbedaan jenis gelatin.

1.2. Permasalahan

Gelatin adalah bahan makanan yang umum digunakan dalam pembuatan berbagai makanan. Banyak pedagang makanan tidak mencantumkan bahan asal gelatin yang digunakan. Metode pendeteksian bahan gelatin yang pernah diajukan antara lain uji FTIR, uji asam amino, PCR, dan ELISA. Namun kelemahan dari uji FTIR adalah tidak memberikan perbedaan yang signifikan. Sedangkan kelemahan metode uji asam amino, PCR, dan ELISA memakan waktu lama, perlu banyak pengulangan, dan tenaga berpengalaman.

1.3. Tujuan

Oleh karena permasalahan-permasalahan di atas, perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk membuat sensor QCM emas termodifikasi polianilin-Ni(OH)₂ anhidrat, mengetahui apakah sensor QCM berlapis Ni(OH)₂ anhidrat dapat digunakan dalam uji kualitatif untuk membedakan gelatin babi dengan gelatin lainnya, dan mengetahui batas deteksi sensor.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang pendeteksian jenis gelatin. Diharapkan penelitian ini dapat membantu pihak-pihak terkait untuk menentukan jenis gelatin dan membantu konsumen agar tidak tertipu dengan jenis gelatin yang digunakan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sensor

2.1.1. Sensor Kimia

Menurut IUPAC pada tahun 1991, sensor kimia adalah alat yang mengubah informasi kimia, mulai dari komposisi komponen sampel secara spesifik hingga analisis komposisi total, menjadi sinyal analitik yang dapat digunakan.

Sensor kimia memiliki dua komponen yaitu reseptor dan *transducer*. Beberapa sensor dapat juga memiliki separator semisal membran. Reseptor bertugas mengubah informasi kimia menjadi bentuk energi yang dapat diukur oleh *transducer*. *Transducer* bertugas mengubah energi yang membawa informasi kimia menjadi sinyal analitik yang dapat diinterpretasikan. Transducer tidak bersifat selektif.

Reseptor dari sensor kimia dapat digolongkan menjadi:

1. Fisik, yaitu tidak ada reaksi kimia kimia yang terjadi. Contohnya adalah sensor yang berbasis pengukuran absorbansi, indeks refraksi, konduktivitas, suhu, atau perubahan massa.
2. Kimia, yaitu terjadi reaksi kimia pada analit yang memberikan sinyal analitik.
3. Biokimia, dimana proses-proses biokimialah yang menjadi sumber sinyal analitik. Contohnya adalah immunosensor.

(IUPAC, 1991)

2.1.2. Klasifikasi Sensor

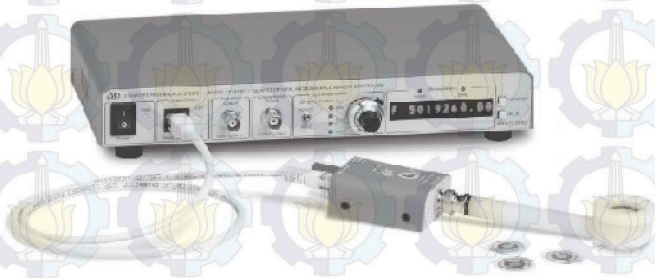
Sensor kimia dapat diklasifikasikan berdasarkan prinsip kerja transducer, yaitu:

1. Sensor optis; yaitu sensor yang mendeteksi fenomena-fenomena optis, seperti absorbansi, reflektansi, luminesensi, fluoresensi, indeks refraksi, efek optothermal, dan hamburan cahaya.

2. Sensor elektrokimia; yaitu sensor yang mendeteksi interaksi elektrokimia antara analit dan elektroda. Sensor ini dapat dibedakan menjadi sensor voltametri, potensiometri, transistor efek medan terfungsikan kimia, dan sensor gas elektrolit padat potensiometri.
3. Sensor listrik; yaitu sensor yang mendeteksi fenomena-fenomena kelistrikan, contohnya semikonduktor logam oksida, semikonduktor organik, sensor konduktivitas elektrolitik, dan sensor permittivitas listrik.
4. Sensor magnetik; yaitu sensor yang mendeteksi perubahan sifat paramagnetik bahan.
5. Sensor termometrik; yaitu sensor yang mendeteksi perubahan panas akibat reaksi kimia.
6. Sensor massa; yaitu alat yang mengubah informasi perubahan massa pada permukaan yang khusus termodifikasi menjadi informasi tentang perubahan sifat-sifat bahan, dimana perubahan massa adalah hasil akumulasi analit. Contoh sensor jenis ini adalah sensor piezoelektrik dan gelombang akustik permukaan.

(IUPAC, 1991)

2.1.3. Quartz Crystal Microbalance (QCM)



Gambar 2.1 Satu set alat QCM.

Quartz Crystal Microbalance (QCM) adalah alat yang mendeteksi perubahan massa berdasarkan perubahan frekuensi dari sebuah bahan piezoelektrik seperti quartz. QCM dapat digunakan sebagai sensor massa dengan sensitivitas tinggi. Persamaan yang dipakai untuk menghubungkan perubahan frekuensi dan massa adalah persamaan Sauerbrey:

$$\Delta f = -C_f \Delta m \dots \dots \dots (1)$$

Δf = perubahan frekuensi yang teramati (Hz).

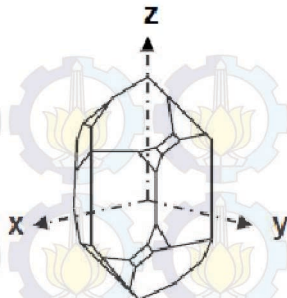
C_f = faktor sensitivitas kristal ($56,6 \text{ Hz } \mu\text{g}^{-1} \text{ cm}^2$ untuk 5 MHz AT-cut kristal quartz pada suhu kamar).

Δm = perubahan massa per satuan luas (g/cm^2).

Pada awalnya QCM hanya digunakan sebagai sensor pendeteksi gas, namun pada saat ini QCM juga dapat digunakan dalam larutan sehingga penggunaannya dapat dipadukan dengan sistem elektrokimia. Selektivitas QCM dalam mendeteksi zat tertentu dapat ditingkatkan dengan melapisi sensor QCM dengan zat tertentu yang bersifat sensitif dan selektif terhadap bahan tertentu (SRS, 2011).

2.1.3.1. Piezoelektrisitas

Piezoelektrisitas adalah suatu fenomena yang ditemukan oleh Pierre dan Jacques Curie dan dipublikasikan pada 1880. Piezoelektrisitas adalah kemampuan zat mengubah tekanan yang diberikan menjadi arus listrik. Lippman pada tahun 1881 memprediksi bahwa bahan-bahan piezoelektrik juga mampu mengubah listrik menjadi tekanan/getaran melalui deduksi matematis dari prinsip-prinsip termodinamika. Bahan yang paling umum diketahui memiliki sifat piezoelektrik adalah quartz.



Gambar 2.2 Kristal quartz.

Piezoelektrisitas pertama kali dimanfaatkan sebagai sonar pada kapal laut untuk mendeteksi kedalaman laut. Selanjutnya piezoelektrisitas digunakan sebagai komponen *microphone*, alarm asap, dan penyaring sinyal frekuensi tinggi. Selanjutnya Sauerbrey mengamati adanya perubahan frekuensi yang terjadi jika terjadi perubahan massa pada bahan piezoelektrik. Kemudian Sauerbrey menurunkan persamaan 1 diatas, sehingga dapat dimanfaatkan dalam pengembangan sensor massa QCM (Mota. 2005).

2.1.3.2. Electrochemical Quartz Crystal Microbalance (EQCM) dan Kalibrasi QCM

QCM dapat dipadukan dengan peralatan-peralatan elektrokimia seperti potensiostat. QCM digunakan sebagai elektroda kerja, Ag/AgCl digunakan sebagai elektroda pembanding dan platina atau emas sebagai elektroda pembantu. Perubahan-perubahan kelistrikan serta perubahan massa yang terendapkan atau terlepas dari QCM dapat dimonitor jika QCM digunakan bersamaan dengan peralatan-peralatan elektrokimia. Metode yang dapat digunakan adalah amperometri, potensiometri, dan voltametri. Sistem EQCM dapat digunakan sebagai sensor kimia jika QCM dilapisi bahan tertentu yang tidak ikut bereaksi selama proses elektrokimia dan hanya selektif untuk bahan tertentu.

Sistem EQCM adalah salah satu pengembangan QCM di bidang elektrokimia. Dengan metode EQCM, QCM dapat dikalibrasi dengan cara yang mudah. Dengan menggabungkan persamaan Hukum I Faraday dan persamaan Sauerbrey diperoleh:

$$\Delta f = \frac{10^6 \cdot M_w \cdot C_f \cdot Q}{n \cdot F \cdot A} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan:

Δf = perubahan frekuensi (Hz).

M_w = Massa molar dari zat kimia yang terendapkan (g/mol).

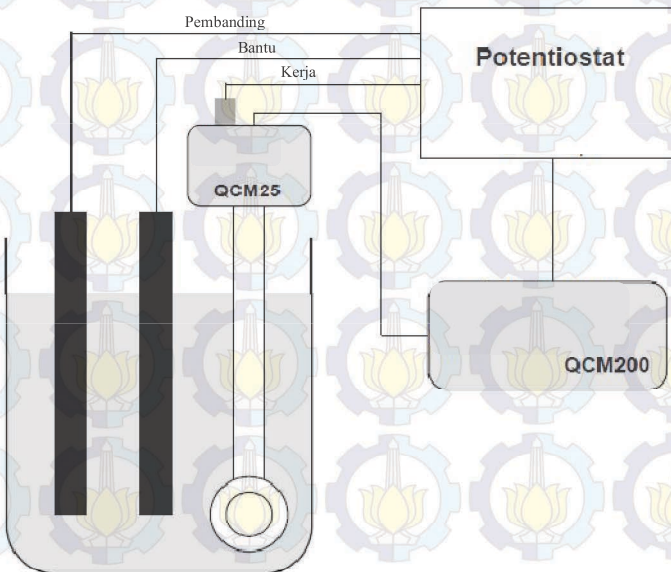
C_f = Faktor sensitivitas Sauerbrey.

Q = Muatan listrik yang mengalir (C).

A = Luas permukaan aktif (cm²).

F = Konstanta Faraday 96500 C/mol.

n = Jumlah elektron yang ditransfer.

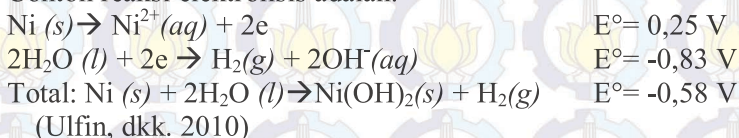


Gambar 2.3 Rangkaian alat EQCM (SRS. 2011)

2.1.3.3. Dasar-Dasar Elektrolisis

Elektrokimia adalah bidang yang mempelajari hubungan antara energi listrik dengan reaksi kimia. Jika arus listrik dengan beda potensial tertentu dilewatkan dengan elektroda pada larutan elektrolit atau lelehan garam sehingga terjadi reaksi kimia tertentu, maka proses ini disebut elektrolisis. Arus listrik yang digunakan adalah arus listrik searah (*Direct Current/DC*). Anoda adalah tempat terjadinya oksidasi sedangkan katoda adalah tempat terjadinya reaksi reduksi (Ulfin, dkk. 2010).

Ion-ion negatif akan bergerak ke anoda dan teroksidasi jika arus listrik dalam sel elektrokimia dinyalakan. Sedangkan ion-ion positif akan bergerak ke katoda dan tereduksi. Air sebagai pelarut dapat mengalami reduksi maupun oksidasi. Garam yang inert terhadap zat kimia yang kita reaksikan dapat ditambahkan dalam sistem berpelarut air untuk menambahkan konduktivitas larutan dengan menjaga kenetralan larutan sehingga reaksi menjadi lebih cepat. Contoh reaksi elektrolisis adalah:



Stoikiometri dalam elektrolisis dijelaskan oleh Faraday pada tahun 1833 bahwa besarnya perubahan kimia yang terjadi dalam elektrolisis berbanding lurus dengan besarnya muatan listrik yang lewat pada sel elektrolisis. Pernyataan tersebut kemudian disebut Hukum Faraday I yang dirumuskan:

$$w = \frac{A_r i t}{nF} \dots\dots\dots (3)$$

w = massa zat kimia yang hilang atau terbentuk (g).

i = arus listrik yang dipakai (A).

t = waktu (s).

n = jumlah mol elektron yang digunakan.

F = Bilangan Faraday (96500 Coulomb per mol elektron).

A_r = Massa molar zat yang terendapkan (g/mol).

2.1.3.4. Aplikasi QCM

Quartz Crystal Microbalance (QCM) banyak dimanfaatkan sebagai sensor sebab dapat mendeteksi perubahan massa yang terjadi pada permukaannya dengan sensitivitas tinggi. Selektivitas QCM dapat ditingkatkan dengan melapiskan suatu bahan tertentu yang dapat mengadsorpsi zat tertentu pula. Contohnya ZnO dilapiskan pada QCM untuk mendeteksi NH_3 dan H_2O .

QCM juga dapat digunakan untuk mendeteksi Senyawa Organik Volatil (VOC) dan sebagai biosensor bakteri dan virus. Selain itu, QCM juga dapat digunakan untuk meneliti mekanisme adsorpsi yang terjadi pada permukaan. QCM juga dapat digunakan untuk memprediksi mekanisme reaksi yang terjadi saat terjadi pembentukan lapisan tertentu pada permukaan *probe* QCM, misalnya polianilin.

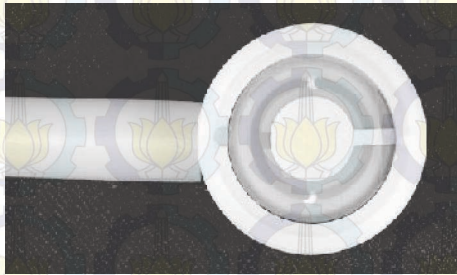
2.1.3.5. Prosedur Pemasangan QCM



Gambar 2.4 Komponen *holder* sensor QCM.

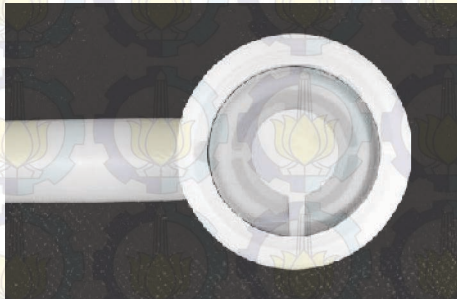
Gambar 2.4 di atas menunjukkan bagian-bagian dari *holder* QCM. Sensor tersebut berdiameter satu inci. Untuk mempersiapkan QCM dengan baik, prosedurnya adalah:

Kepala *Crystal Holder* ditempatkan pada permukaan yang datar dengan lubangnya menghadap keatas. *Head o-ring* harus dipastikan bebas dari cacat, lubang kristal bersih dan kering, dan pin elektroda tidak terhalang gerakannya. Kemudian lubang kristal dibuka lalu sensor dimasukkan dengan permukaan kontak menghadap kebawah dan kontak cair menghadap keatas seperti pada gambar di bawah.



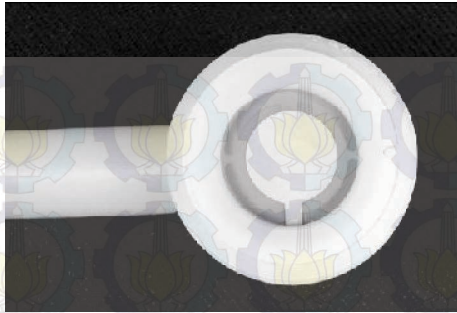
Gambar 2.5 Memasukkan sensor.

Kemudian *probe* diputar 90° seperti pada gambar di bawah.



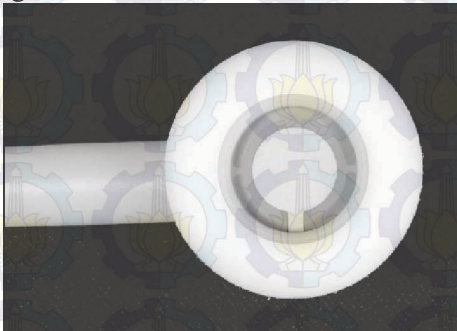
Gambar 2.6 Sensor diputar 90°.

Selanjutnya *probe* ditutup dengan *retainer ring* seperti gambar di bawah.



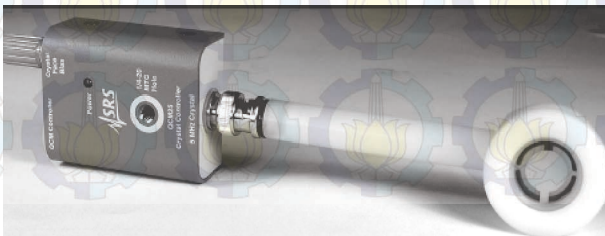
Gambar 2.7 Sensor ditutup *retainer ring*.

Setelah itu *probe* ditutup lagi dengan *retainer cover* seperti pada gambar di bawah.



Gambar 2.8 Sensor ditutup *retainer cover*.

Penutup dikunci dengan tangan lalu *holder* dihubungkan dengan QCM 25 *Crystal Oscillator* seperti gambar di bawah.



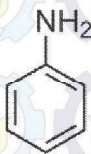
Gambar 2.9 Satu set *Crystal Oscillator*.

QCM 25 kemudian dihubungkan dengan mainboard QCM 200 menggunakan kabel RJ45 dan konektor Cat-5. Rangkaian alat QCM dihubungkan dengan *Personal Computer* menggunakan kabel RS-232 (SRS. 2011).

2.2. Material

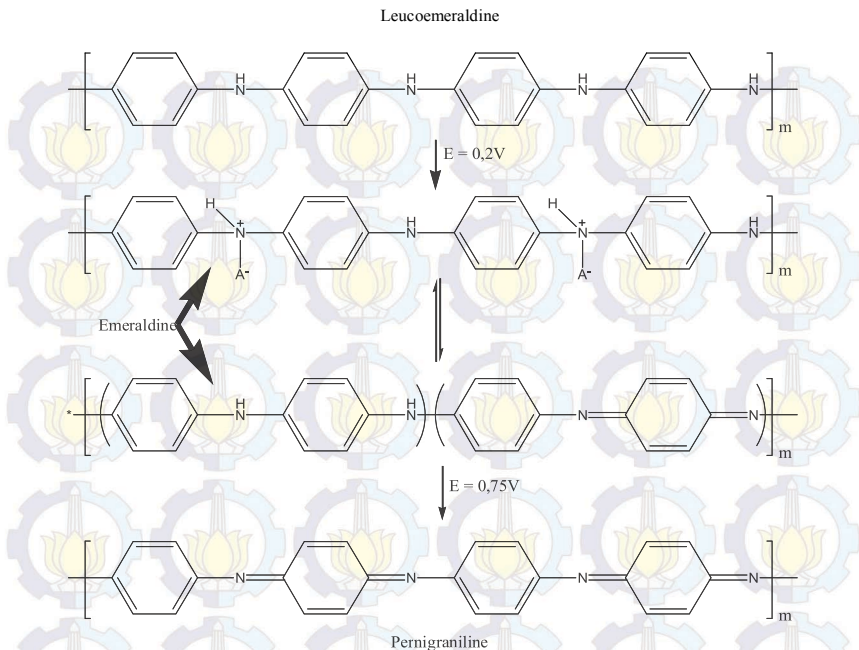
2.2.1. Anilin

Anilin adalah senyawa organik beracun dengan rumus kimia $C_6H_5NH_2$. Anilin berwujud cair, berbau menyengat, dan titik didihnya $184, 1^\circ C$ (MSDS, 2013). Saat dididihkan, anilin yang semula berwarna coklat (bentuk tidak murni) akan menjadi jernih (bentuk murni).



Gambar 2.10 Struktur Anilin.

Anilin dapat membentuk polimer konduktif polianilin (PANI) bila diberi perlakuan voltametri siklik pada pH tertentu (Fitriyana, 2014). Mekanisme reaksi pembentukan polianilin dijelaskan dalam Gambar 2.11. Polimer konduktif ini dapat digunakan untuk menempelkan bahan aktif sensor kepada substrat tertentu.



Gambar 2.11 Mekanisme reaksi pembentukan polianilin.

Polianilin memiliki tiga bentuk teroksidasi. Bentuk yang paling kurang teroksidasi disebut leukoemeraldin yang berwarna putih sampai tidak berwarna. Bentuk yang lebih teroksidasi adalah emeraldin yang berwarna hijau sampai biru. Bentuk yang paling teroksidasi adalah pernigranilin yang berwarna biru sampai ungu (Feast, dkk. 1996). Emeraldin adalah bentuk polianilin yang paling banyak digunakan sebab memiliki kestabilan terhadap perubahan suhu yang besar dan saat didoping dengan asam, emeraldin memiliki konduktivitas yang paling besar dibandingkan leukoemeraldin dan pernigranilin (Diarmid dan Alan, 2001).

2.2.2. Nikel (II) Hidroksida



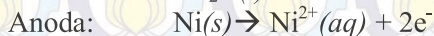
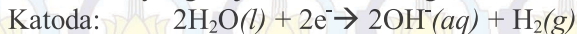
Gambar 2.12 Nikel Hidroksida.

Nikel (II) hidroksida adalah suatu material berwujud padat yang memiliki rumus kimia $\text{Ni}(\text{OH})_2$. $\text{Ni}(\text{OH})_2$ berwujud bubuk berwarna hijau, memiliki massa molekul 92,724 g/mol (anhidrat) dan 110,72 g/mol (monohidrat), massa jenisnya 4,15 g/mL, dan kelarutan dalam air sangat rendah (2×10^{-16}). Material ini dapat mengiritasi mata dan kulit, serta dapat merusak pencernaan dan pernafasan. $\text{Ni}(\text{OH})_2$ tergolong bahan karsinogenik. Oleh karena itu peneliti harus mengenakan sarung tangan, jas lab, respirator debu, dan goggle serta bekerja pada ruangan dengan ventilasi yang baik (MSDS, 2014).

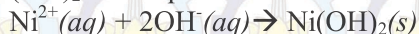
Nikel (II) hidroksida memiliki dua bentuk yang umum, yaitu bentuk α dan β . Menurut Khan dkk (2011), α -Nikel (II) hidroksida memiliki jarak antar lapisan lebih besar daripada 7,5 Å dan ruang antarlapisan tersebut terisi oleh molekul air dan anion-anion yang jenisnya tergantung pada prosedur pembuatan Nikel (II) hidroksida. Sedangkan β -Nikel (II) hidroksida memiliki jarak antar lapisan 4,6 Å tanpa ada spesi yang terjebak di antara ruang antar lapisan. Bentuk nikel (II) hidroksida yang diperoleh saat sintesis sangat tergantung pada metode sintesis yang digunakan.

Nikel (II) hidroksida dapat disintesis dengan mudah menggunakan metode elektrolisis (Subbaiah, dkk. 2002).

Budipramana dkk. (2014) mensintesis nikel (II) hidroksida menggunakan katoda dan anoda nikel serta elektrolit asam sitrat. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Selanjutnya ion hidroksi dan Ni^{2+} bereaksi membentuk $\text{Ni}(\text{OH})_2$ sesuai persamaan reaksi berikut:



Sifat-sifat termal dari nikel (II) hidroksida telah banyak diteliti. Sifat-sifat termal tersebut sangat bergantung pada metode sintesis yang digunakan. Berdasarkan hasil DTA-TGA yang telah dilaporkan oleh Budipramana dkk. (2014), pada suhu hingga 120°C terjadi pelepasan air teradsorpsi yang berada di permukaan nikel (II) hidroksida. Sedangkan pada suhu 120°C - 323°C , terjadi pelepasan air terhidrat. Reaksi yang terjadi saat pelepasan air terhidrat adalah sebagai berikut:



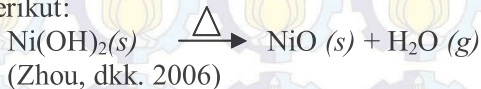
2.2.3. Nikel Oksida

Nikel oksida adalah suatu material berwujud padat, yang memiliki rumus kimia NiO . NiO berwarna hijau, memiliki massa molekul $74,71 \text{ g/mol}$, dan tidak larut dalam air dingin. Material ini berbahaya jika terhirup atau tertelan sebab NiO bersifat karsinogenik, atau dengan kata lain dapat menyebabkan kanker. Oleh sebab itu, NiO peneliti wajib mengenakan sarung tangan, jas lab, respirator debu, dan goggles serta bekerja pada ruangan dengan ventilasi yang baik (MSDS, 2013).



Gambar 2.13 Bunsenit, suatu mineral Nikel Oksida.

Nikel oksida dapat disintesis dengan mudah menggunakan metode sintesis senyawa padat dari bahan awal nikel hidroksida ($\text{Ni}(\text{OH})_2$). Nikel oksida dipanaskan dalam *furnace* pada suhu diatas 400°C sehingga terjadi reaksi berikut:



2.2.4. Gelatin

Gelatin (Latin: yang dibekukan) adalah suatu zat translusen, tidak berwarna, diperoleh dari hidrolisis kolagen bermacam-macam hewan (umumnya babi, sapi, dan ikan). Gelatin adalah bentuk ireversibel dari kolagen yang terhidrolisis. Gelatin dalam rumah tangga dapat berbentuk lembaran, butiran, atau bubuk (Cole, 2000).



Gambar 2.14 Gelatin Lembaran.

2.2.4.1. Komposisi dan Sifat Gelatin

Gelatin adalah campuran dari peptida dan protein yang terbuat dari hidrolisis sebagian kolagen yang diekstrak dari kulit, tulang, dan jaringan penghubung hewan-hewan seperti ayam, babi, sapi, dan ikan. Walaupun gelatin terdiri dari 98-99% protein, gelatin banyak terdiri dari asam-asam amino non-esensial. Gelatin yang digunakan untuk fotografi dan obat-obatan umumnya berasal dari tulang sapi dan beberapa jenis makanan juga menggunakan gelatin dari sapi.

Gelatin mencair saat dipanaskan dan memadat kembali saat mendingin. Gelatin dapat membentuk gel semi-padat bersama air. Gelatin membentuk larutan dengan kekentalan tinggi dalam air, yang menjadi gel saat mendingin, dan komposisi kimianya sangat mirip dengan kolagen asalnya. Gelatin dapat larut dalam hampir semua pelarut polar.

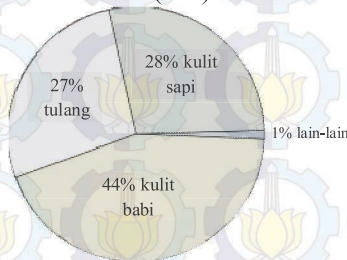
Larutan gelatin menunjukkan aliran viskoelastik. Jika gelatin dikontakkan dengan air, sebagian gelatin akan larut. Kelarutan gelatin sangat ditentukan dari metode pembuatannya. Khususnya, gelatin dapat dilarutkan dalam

asam pekat. Larutan semacam ini akan stabil dalam waktu 10-15 hari dengan relatif tanpa perubahan dan cocok untuk dipakai dalam pelapisan bahan-bahan tertentu.

Bentuk gel dari gelatin berada pada rentang suhu tertentu. Umumnya batas atasnya berada pada suhu kurang dari 35°C dan batas bawahnya adalah titik beku air. Sifat-sifat mekanik dari gel gelatin sangat sensitif pada rentang suhu, sejarah pemanasan gel, dan waktu. Kekentalan campuran air/gelatin meningkat seiring dengan konsentrasi dan saat didinginkan (Cole, 2000)..

2.2.4.2. Produksi Gelatin

Gelatin diproduksi sebagai produk samping dari industri daging dan kulit secara komersial. Sekarang, pembuatan gelatin dari ikan sedang dikembangkan sebab ikan relatif tidak dilarang secara agama. Sumber bahan produksi gelatin dunia didominasi oleh kulit babi (44%), tulang (27%), sapi (28%), dan bahan lain (1%).



Gambar 2.15 Persentasi sumber gelatin.

Ikatan antar molekul dan intra molekul yang membuatnya tidak larut dalam air harus diputus saat membuat gelatin. Ikatan hidrogen yang menstabilkan heliks kolagen juga harus diputuskan. Proses pembuatan gelatin terdiri dari tiga proses utama:

1. Perlakuan awal (*pretreatment*) untuk membuat sumber gelatin bebas dari pengotor yang mengganggu sifat fisik dan kimia gelatin yang akan diproduksi.

2. Ekstraksi gelatin, yang umumnya dilakukan dengan air panas atau asam encer yang akan langsung menghidrolisis kolagen menjadi gelatin.
3. Pemurnian dilakukan untuk menghilangkan air dari larutan gelatin dan mendapatkan gelatin yang kering dan terpadu.
(Cole, 2000)

2.2.4.3. Perlakuan Awal

Larutan asam encer digunakan untuk untuk menghilangkan kalsium dan garam-garam lainnya jika bahan mentah gelatin berasal dari tulang. Air panas atau beberapa pelarut dapat digunakan untuk mengurangi lemak, yang tidak boleh melebihi 1% sebelum menjalani proses ekstraksi. Penghilangan rambut dan pengasaran tekstur harus dilakukan sebelum menjalani proses ekstraksi jika bahan mentah gelatin berasal dari kulit, disertai dengan pengurangan ukuran dan pencucian.

Hidrolisis kolagen dilakukan dengan satu dari tiga metode berbeda: asam, basa, dan enzimatis. Perlakuan asam khususnya cocok untuk bahan dengan jumlah ikat silang sedikit seperti kolagen kulit babi dan normalnya membutuhkan 10-48 jam. Perlakuan basa cocok untuk kolagen yang lebih kompleks seperti kolagen dari sapi dan membutuhkan lebih banyak waktu, umumnya beberapa minggu. Perlakuan basa bertujuan untuk menghancurkan beberapa ikat silang yang masih terdapat pada kolagen. Sedangkan hidrolisis enzimatik kolagen relatif baru (Cole, 2000).

2.2.4.4. Ekstraksi

Setelah mengurangi ikat silang antar komponen kolagen dan menghilangkan beberapa pengotor seperti lemak dan garam, kolagen diubah menjadi gelatin dengan cara ekstraksi baik dengan air maupun larutan asam pada suhu yang cocok. Seluruh proses industri menggunakan pH netral atau pH asam sebab walaupun pada pH basa lebih cepat,

gelatin yang terbentuk rawan terdegradasi. Ekstraksi asam banyak digunakan dalam industri namun pada tingkat keasaman bervariasi tergantung pada proses yang digunakan. Ekstraksi adalah proses multi langkah, dan suhu ekstraksi umumnya meningkat pada proses ekstraksi berikutnya. Prosedur semacam ini memastikan terjadinya degradasi suhu yang minimal selama proses ekstraksi (Cole, 2000).

2.2.4.5. Pemurnian

Proses ini melibatkan beberapa langkah seperti penyaringan, evaporasi, pengeringan, penggilingan, dan pengayakan. Proses ini sangat tergantung pada konsentrasi dan jenis gelatin yang digunakan. Degradasi gelatin harus dihindari sehingga proses pemurnian menggunakan suhu serendah mungkin. Kebanyakan proses pemurnian sangat cepat, dengan semua proses dikerjakan dalam beberapa langkah untuk menghindari kerusakan struktur peptida. Struktur peptida yang rusak dapat membuat penurunan kemampuan dalam pembentukan gel yang tidak diinginkan (Cole, 2000).

2.2.5. Kegunaan Gelatin

Kegunaan gelatin sangat beragam. Dalam industri makanan, gelatin dapat digunakan sebagai penstabil, penebal, atau perbaikan tekstur dalam makanan-makanan seperti yoghurt, krim keju, dan margarin.

Kegunaan lain gelatin antara lain sebagai pengubah warna sinar lampu, bahan kapsul, penahan perak klorida agar tetap dalam bentuk emulsi selama proses fotografi, bahan kertas kilap, dan salah satu bahan kosmetik. Selain itu gelatin dapat digunakan untuk mengubah gaya rambut secara murah namun tidak tahan lama, substrat untuk kultur sel, serta sebagai bahan tiruan otot dalam uji coba amunisi. Gelatin juga dapat mempercepat penyembuhan tukak lambung, luka luar, dan mengurangi rambut rontok (Cole, 2000).

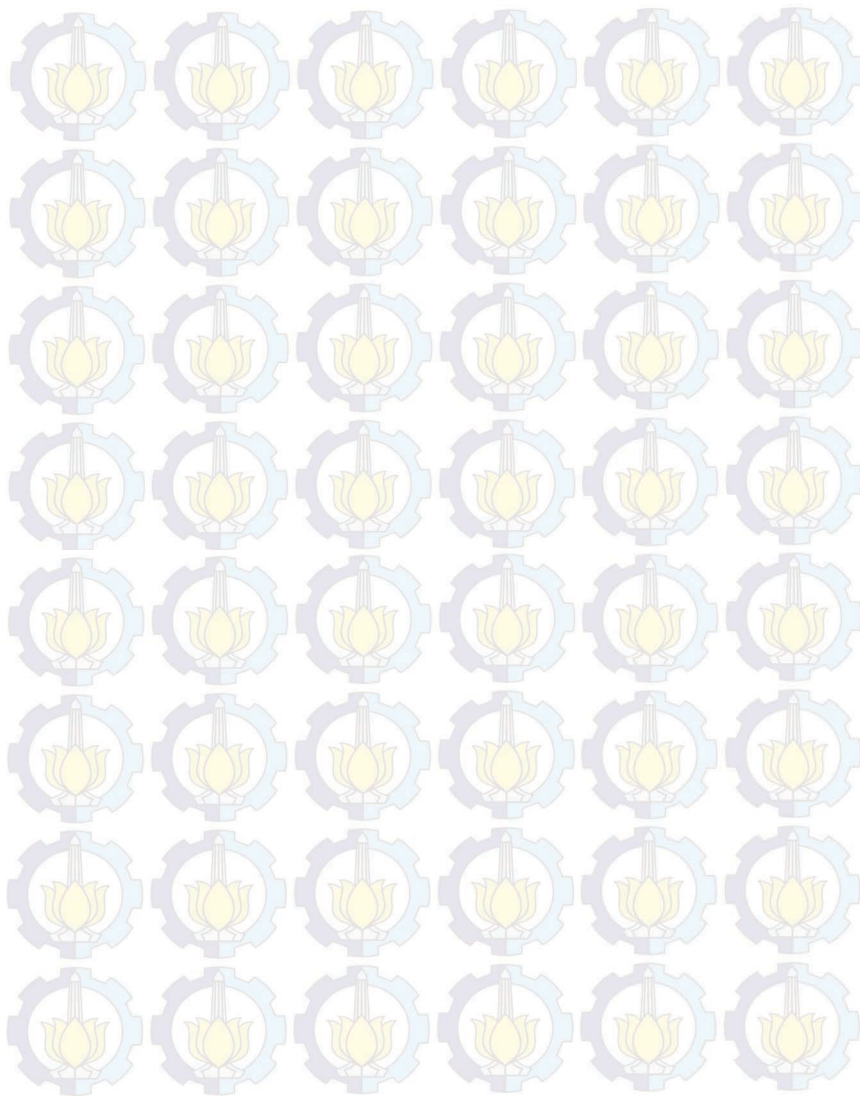
2.3. Tren Bisnis Makanan Halal

Pada umumnya industri makanan dunia cenderung mengabaikan segmen konsumen muslim. Namun, jumlah penduduk muslim di seluruh dunia terus meningkat sehingga permintaan makanan halal juga meningkat. Menurut Pew Forum on Religion & Public Life (2011), jumlah penduduk muslim dunia mencapai 1,62 miliar, atau 23,4% populasi dunia pada tahun 2010 (Van der Spiegel, dkk. 2012). Pada tahun 2030, diprediksi penduduk muslim dunia akan mencapai 2,2 miliar dan pada tahun 2050 akan menjadi 2,6 miliar orang. Pada saat ini, total nilai industri makanan halal telah mencapai 560 miliar USD.

Permintaan terhadap makanan halal di seluruh dunia tidak hanya disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk muslim yang cepat, tetapi juga disebabkan bergesernya pandangan masyarakat nonmuslim. Masyarakat nonmuslim mulai memandang bahwa makanan halal (dan yang tersertifikasi halal) juga menjamin etika dan keamanan produk. Sebagai contoh, hanya terdapat dua juta penduduk muslim di United Kingdom, namun terdapat enam juta konsumen makanan halal. Permintaan terhadap makanan halal hingga senilai tiga juta USD telah terjadi di Belanda dan penduduk nonmuslim per tahun. Bisnis makanan halal telah mencapai nilai 70 miliar USD di Indonesia, dengan pertumbuhan 7-10% per tahun. Karena potensi pasar yang besar itulah segmen makanan halal mulai dimasuki oleh para pengusaha makanan (GIFR 2013).

Peningkatan terhadap makanan halal yang besar dan semakin meningkat menimbulkan munculnya inisiatif negara-negara dengan jumlah penduduk muslim yang besar untuk membuat standar dalam penentuan makanan halal.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu set alat Quartz Crystal Microbalance (SRS QCM-200), satu set alat destilasi, oven, *furnace*, kabel, penjepit buaya, statif, termometer, *power supply*, amplas dengan *grade* 1200, *magnetic stirrer*, *hot plate*, neraca analitik Ohaus, pinset, alat gelas, stopwatch, satu set potensiostat (Potensiostat eDAQ EA161 dan e-corder ED410), dan satu set mikroskop optik.

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah anilin 99,9% (Merck), HCl pekat (37% SAP Chemicals), dua buah pelat nikel (PT INCO), aqua demineralisasi (Aqua DM-Indolab), Natrium sitrat dihidrat 99,5% ($C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O$, Sigma-Aldrich), gelatin sapi, dan gelatin babi.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi Bahan

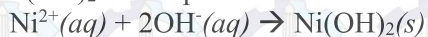
4.1.1 Sintesis $\text{Ni}(\text{OH})_2$

$\text{Ni}(\text{OH})_2$ disintesis dengan metode pengendapan secara elektrolisis. Warna larutan yang berubah menjadi hijau selama dilakukan elektrolisis menunjukkan bahwa $\text{Ni}(\text{OH})_2$ telah terbentuk. Budipramana, dkk (2014) mengemukakan reaksi yang terjadi pada elektroda adalah sebagai berikut:

Katoda: $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightarrow 2\text{OH}^-(aq) + \text{H}_2(g)$

Anoda: $\text{Ni}(s) \rightarrow \text{Ni}^{2+}(aq) + 2e^-$

Selanjutnya ion hidroksi dan Ni^{2+} bereaksi membentuk $\text{Ni}(\text{OH})_2$ sesuai persamaan reaksi berikut:



Gambar 4.1 Larutan Nikel (II) Hidroksida

Larutan Nikel (II) hidroksida yang terbentuk disimpan dan dibiarkan selama dua minggu agar terbentuk cukup banyak endapan. Terjadinya pengendapan $\text{Ni}(\text{OH})_2$ yang berwarna hijau disebabkan $\text{Ni}(\text{OH})_2$ memiliki kelarutan yang

Untuk mengetahui apa yang terjadi pada gelatin setelah perlakuan voltametri siklik, dilakukan karakterisasi IR pada gelatin sapi dan gelatin babi yang telah diberi perlakuan voltametri siklik. Hasil karakterisasi IR tersebut ditunjukkan pada gambar 4.28.

Menurut hasil karakterisasi Infra Merah terhadap gelatin sapi dan gelatin babi yang telah diberi perlakuan voltametri siklik pada gambar 4.28., terlihat bahwa baik gelatin sapi dan gelatin babi memiliki empat macam daerah puncak spektra Infra Merah yaitu di sekitar $3400\text{--}3200\text{ cm}^{-1}$ (daerah amida A), $1700\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$ (daerah amida I), $1600\text{--}1500\text{ cm}^{-1}$ (daerah amida II), dan $1300\text{--}1200\text{ cm}^{-1}$ (daerah amida III).

Dari kedua grafik IR diatas, pada gambar 4.27. terlihat bahwa pada puncak pada bilangan gelombang $2900\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$ muncul pada setiap gelatin, namun gelatin babi memiliki puncak yang lebih tajam. Sedangkan pada gambar 4.28., puncak pada bilangan gelombang $2900\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$ pada gelatin babi yang semula muncul tajam menjadi mengecil, sedangkan pada gelatin sapi timbul puncak pada bilangan gelombang $2000\text{--}2250\text{ cm}^{-1}$. Hal ini secara tidak sengaja menunjukkan bahwa grafik IR telah dapat membedakan jenis gelatin. Setelah diberi perlakuan voltametri siklik, puncak pada bilangan gelombang $2900\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$ pada gelatin babi akan mengecil dan puncak pada bilangan gelombang $2000\text{--}2250\text{ cm}^{-1}$ pada gelatin sapi akan membesar. Menurut McMurry (2011), puncak pada bilangan gelombang $2900\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus --CH sp^3 dan puncak pada bilangan gelombang $2000\text{--}2250\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus $\text{--C}\equiv\text{N}$ atau $\text{--C}\equiv\text{C}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Aida, A.A., Che Man, Y.B., Wong C.M.V.L., Raha A.R., Son, R. 2005. *Analysis of raw meats and fats of pigs using polymerase chain reaction for halal authentication*. Meat Science, 69(1), 47–52.
- Aristory, M.C., dan Toldra, F. 2004. *Histidine dipeptides HPLC-based test for the detection of mammalian origin proteins in feeds for ruminants*. Meat Science, 67(2), 211–217.
- Budipramana, Y., Ersam, T., Suprpto, Kurniawan, F. 2014. *Synthesis Nickel Hydroxide by Electrolysis at High Voltage*. ARPN-JEAS.
- Chen, F.C., dan Hsieh, Y.H. 2000. *Detection of pork in heat-processed meat products by monoclonal antibody-based ELISA*. Journal of AOAC International, 83(1), 79–85.
- Chen, G., T.M. Paronyan, E.M. Pigos, dan A.R. Harutyunyan. 2012. *Enhanced gas sensing in pristine carbon nanotubes under continuous ultraviolet light illumination*. Scientific Reports 2: 343.
- Chen, Robert J., Franklin, Nathan R., Kong, J., Cao, J., Tomblor, Thomas W., Zhang, Y., dan Dai, H. 2001. *Molecular photodesorption from single-walled carbon nanotubes*. Applied Physics Letters 79, 2258–2260.
- Chou, C.C., Lin, S.P., Lee, K.M., Hsu, C.T., Vickroy, T.W., Zen, J.M. 2007. *Fast differentiation of meats from fifteen animal species by liquid chromatography with electrochemical detection using copper nanoparticle plated electrodes*. Journal of Chromatography B, 846(1–2), 230–239.
- Cogliano, Dan. 2004. *Bible, King James Version*.
- Cole, C. G. B. 2000. *Encyclopedia of Food Science and Technology*, 2nd edition. Amerika Serikat: John Wiley & Sons.
- Demirhan, Y., Ulca, P., Senyuva, H.Z. 2012. *Detection of porcine DNA in gelatine and gelatine-containing processed food*

products—Halal/Kosher authentication. Meat Science 90 686–689.

Deshpande, M. V. and Amalnerkar, D. P. 1993. *Biosensors Prepared from Electrochemically Synthesized Conducting Polymers. Progress in Polymer Science* **18**, 623–649.

Dhawan, S. K., Kumar, D., Ram, M. K., Chandra, S. and Trivedi, D. C. 1997. *Application of conducting polyaniline as sensor material for ammonia. Sensors and Actuators B: chemical* **40**, 99–103.

Feast, W.J., Tsiabouklis, J., Pouwer, K.L., Groenendaal, L., Meijer, E.W. 1996. *Synthesis, processing and material properties of conjugated polymers. Polymer* 37 (22): 5017.

Fitriyana. 2014. *Modifikasi Elektroda Kerja Emas dengan Polianilin-Enzim Invertase-Partikel Nano Emas sebagai Biosensor Sukrosa*. ITS. Sebuah Tesis.

GIFR. 2013. Washington DC: Edbiz Consulting.

Hanani, Z.A. Nur, Beatty, E., Roos, Y.H., Morris, M.A., dan Kerry, J.P. 2012. *Manufacture and characterization of gelatin films derived from beef, pork and fish sources using twin screw extrusion. Journal of Food Engineering* 113, 606–614.

Hashim, D. M., Man, Y. B. Che, Norakasha, R., Shuhaimi, M., Salmah, Y., Syahariza, Z. A. (2010). Potential use of Fourier transform infrared spectroscopy for differentiation of bovine and porcine gelatins. *Food Chemistry*, 118, 856-860.

Hofmann, K. 1985. *Principal problems in the identification of meat species of slaughter animals using electrophoretic methods. In: Biochemical identification of meat species*. Ed. R. L. S. Patterson. Elsevier, London 9–31.

IUPAC. 1991. *CHEMICAL SENSORS DEFINITIONS AND CLASSIFICATION. Pure & Applied Chemistry* Vol. 63 No. 9, 1247-1250.

- Khan, Yaqoob, Durrani, S.K., Mehmood, M., Jan, A., dan Abbasi, M. A. 2011. *pH-dependant structural and morphology evolution of Ni(OH)₂ nanostructures and their morphology retention upon thermal annealing to NiO*. Materials Chemistry and Physics 130, 1169–1174.
- McDiarmid, Alan G. 2001. *Synthetic Metals: A Novel Role for Organic Polymers (Nobel Lecture)*. Angewandte Chemie International Edition 40 (14): 2581.
- McMurry, John. 2011. *Fundamentals of Organic Chemistry*, 7th Edition. Kanada: Brooks/Cole Cengage Learning.
- Mota, Oscar Ulises Ojeda. 2005. *Interfacial Study of Copper Electrodeposition with the Electrochemical Quartz Crystal Microbalance*. University of North Texas.
- Nemati, M., Oveisi, M. R., Abdollahi, H., dan Sabzevari, O. 2004. Differentiation of bovine and porcine gelatins using principal component analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 34, 139-143.
- MSDS. 2013. “Aniline”. sciencelab.com, Inc., Houston, Texas.
- MSDS. 2013. “Nickel Oxide”. sciencelab.com, Inc., Houston, Texas.
- MSDS. 2014. “Nickel Hydroxide”. sciencelab.com, Inc., Houston, Texas.
- Pew Forum on Religion & Public Life. 2011. *The future global Muslim population projections for 2010-2030*. Washington: Pew Research Center.
- Sillen, L. G., Bjerrum, J., dan Martell, A. E. 1964. *Stability Constants of Metal-Ion Complexes*. Special Publication 17. London: The Chemical Society.
- SRS (Stanford Research System). 2011. *Operation and Service Manual QCM 200 Quartz Crystal Microbalance Digital Controller and QCM 25 5MHz Crystal Oscillator*. California: Stanford Research System, Inc.
- Subbaiah, T., Mallick, S.C., Mishra, K.G., Sanjay, K., Das, R.P. 2002. *Electrochemical precipitation of nickel hydroxide*. Journal of Power Sources 112 562–569.

Surin, B. 1991. *Terjemah dan Tafsir Alquranulkarim Adz-Dzikraa*. Bandung: Angkasa.

Ulfin, I., Krismurwani, I., Juwono, H., Wahyudi, A., dan Kurniawan, F. 2010. *Kimia Dasar*. Surabaya: ITSPress.

Van der Spiegel, M., van der Fels-Klerx, H.J., Sterrenburg, P., van Ruth, S.M., Scholten-Toma, I.M.J., dan Kok, E.J. 2012. *Halal assurance in food supply chains: Verification of halal certificates using audits and laboratory analysis*. Trends in Food Science & Technology 27, 109-119.

Venien, A., dan Levieux, D. 2005. Differentiation of bovine and porcine gelatines using polyclonal anti-peptide antibodies in indirect and competitive indirect ELISA. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 39, 418-424.

Wolf, C., dan Lüthy, J. 2001. *Quantitative competitive (QC) PCR for quantification of porcine DNA*. Meat Science 57 161-168.

Zhou, G.T., Yao, Q.Z., Wang, X., Yu, J.C. 2006. *Preparation and characterization of nanoplatelets of nickel hydroxide and nickel oxide*. Materials Chemistry and Physics 98 267-272.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

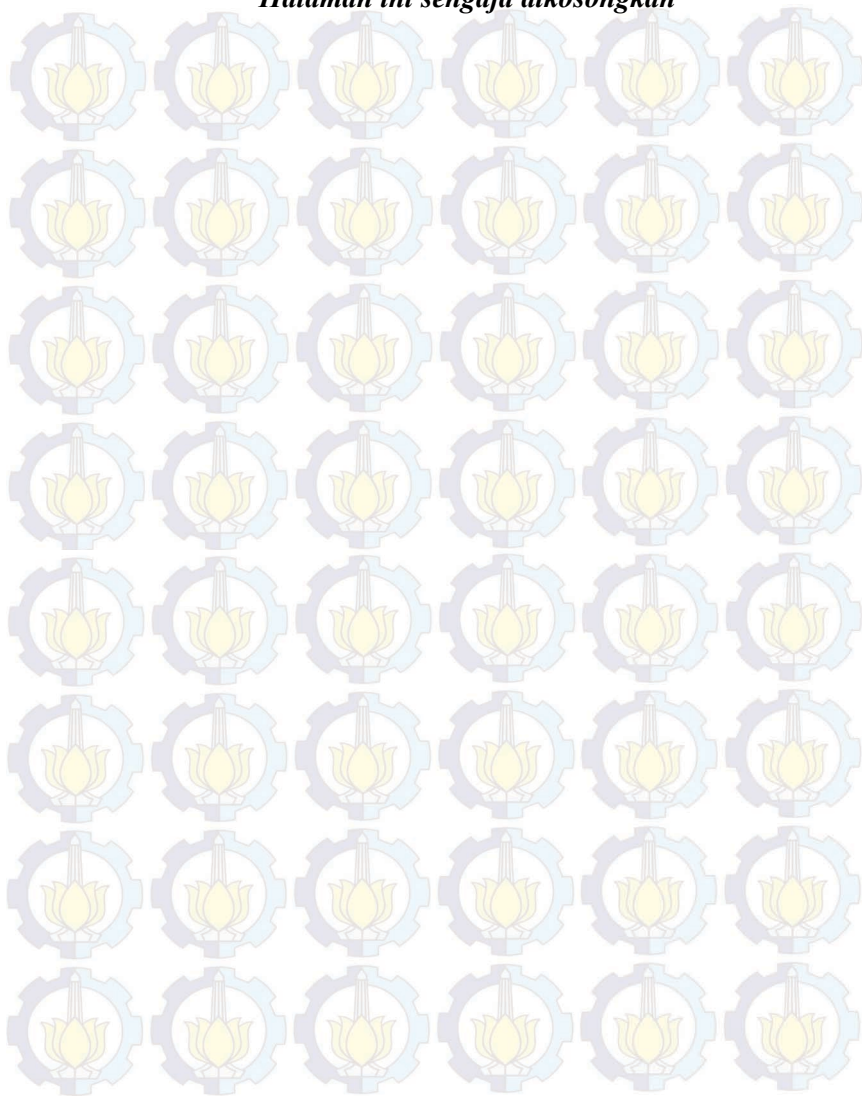
5.1. Kesimpulan

Gelatin sapi dan gelatin babi dapat dibedakan menggunakan sensor QCM termodifikasi polianilin dan $\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhidrat. Sensor QCM berlapis polianilin- $\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhidrat dapat membedakan larutan yang mengandung gelatin sapi dan larutan yang mengandung gelatin babi pada pH netral dikombinasi dengan metode voltametri siklik. Sensor QCM termodifikasi polianilin- $\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhidrat dapat digunakan sebagai pendeteksi adanya gelatin babi dalam air dengan batas deteksi 25 ppm.

5.2. Saran

Dalam penelitian ini, sensor QCM berlapis polianilin- $\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhidrat dibuat untuk mendeteksi jenis gelatin yang terlarut dalam air. Agar dapat digunakan dalam masyarakat luas, perlu penelitian lebih lanjut tentang zat-zat yang dapat mengganggu pendeteksian gelatin oleh sensor QCM berlapis polianilin- $\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhidrat dan metode preparasi sampel makanan yang cocok untuk sensor tersebut.

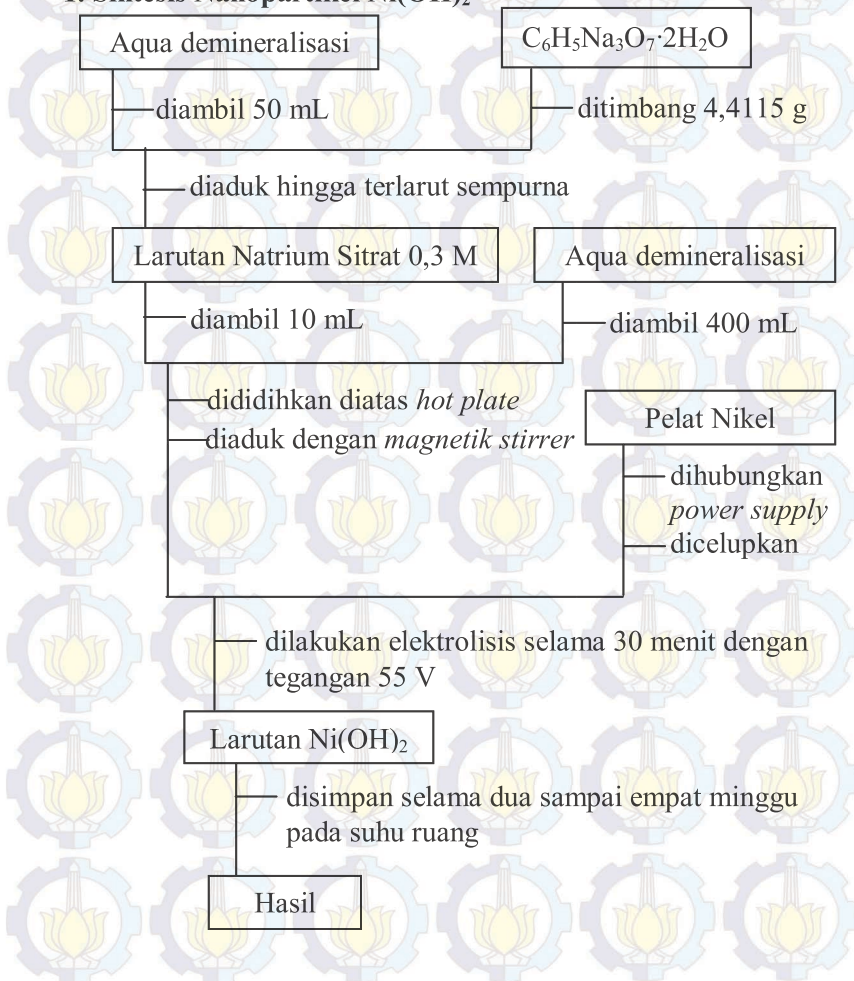
“Halaman ini sengaja dikosongkan”



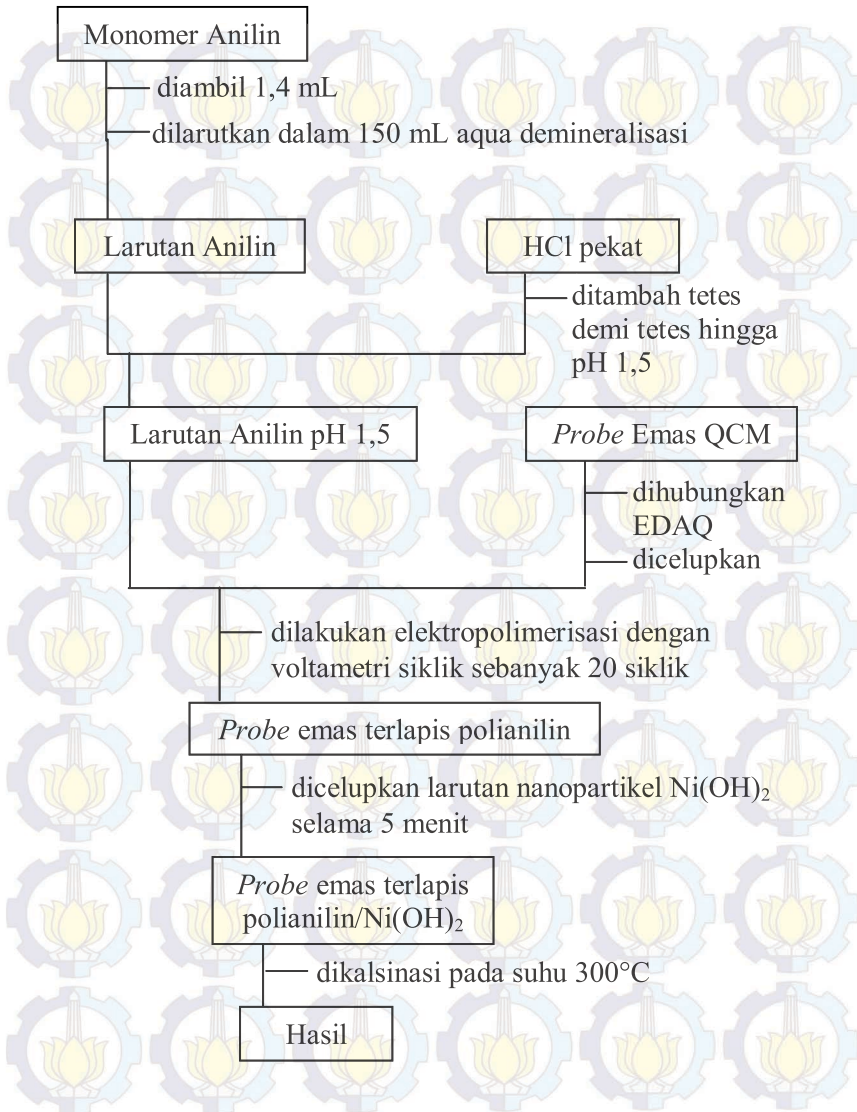
LAMPIRAN

LAMPIRAN A: SKEMA KERJA

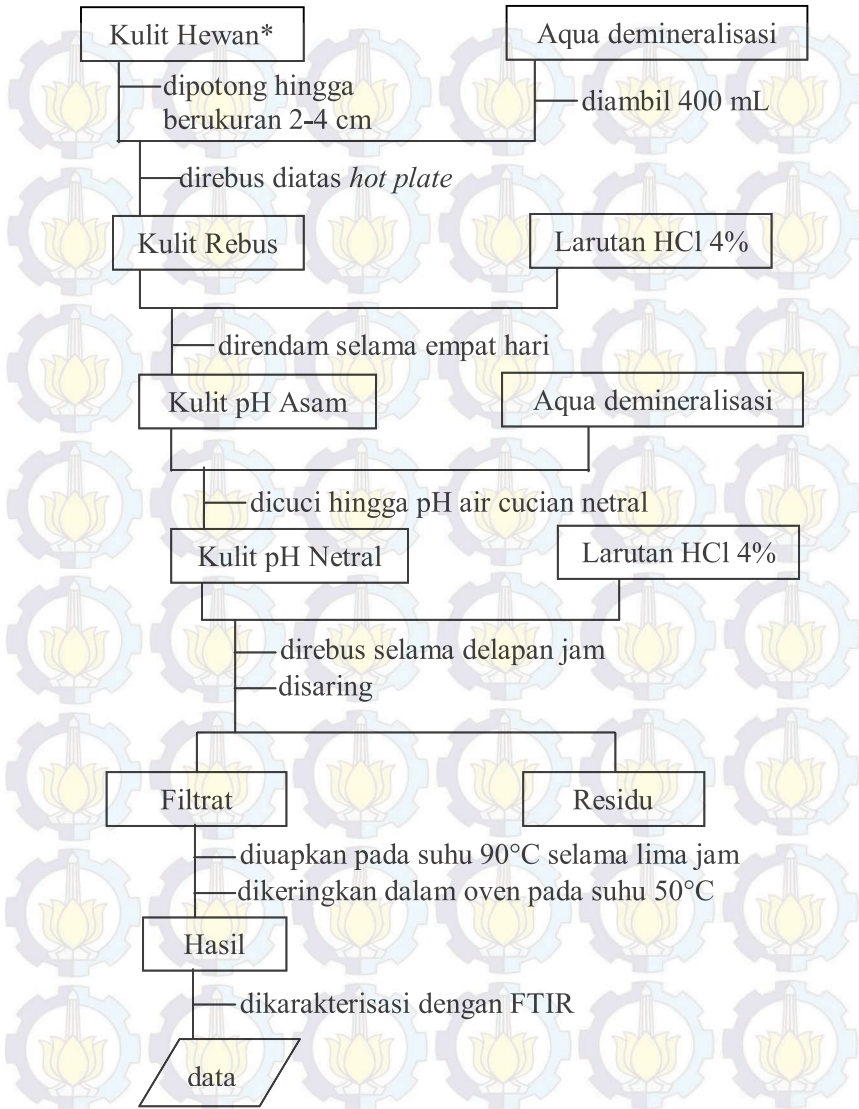
1. Sintesis Nanopartikel $\text{Ni}(\text{OH})_2$



2. Pelapisan $\text{Ni}(\text{OH})_2$ anhidrat pada *probe* QCM



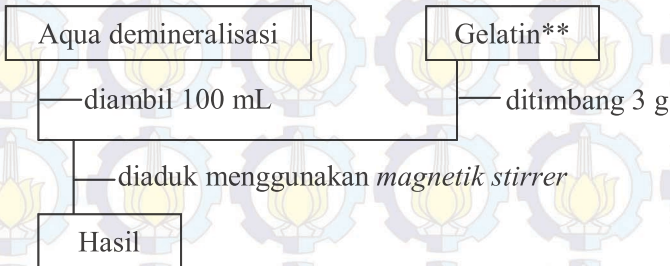
3. Ekstraksi Gelatin



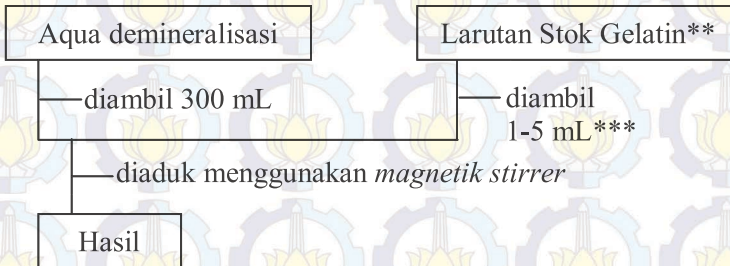
* kulit hewan yang digunakan adalah kulit sapi dan kulit babi

4. Pembuatan Larutan untuk Pengujian dengan QCM

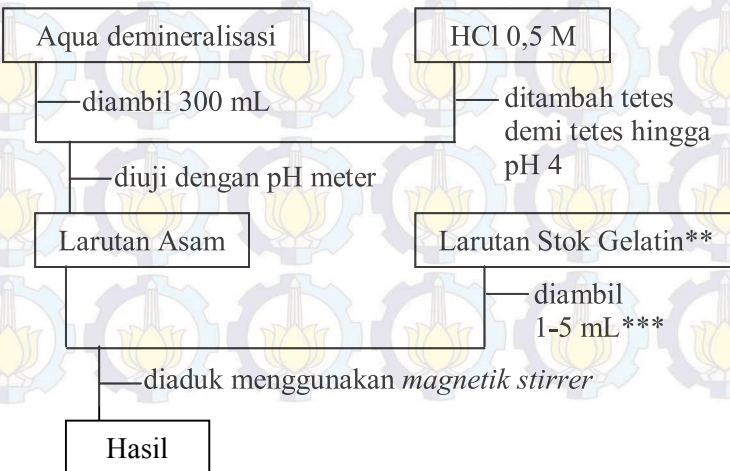
4.1. Pembuatan 100 mL Larutan Stok Gelatin 30.000 ppm



4.2. Pembuatan 300 mL Larutan Gelatin pH Netral



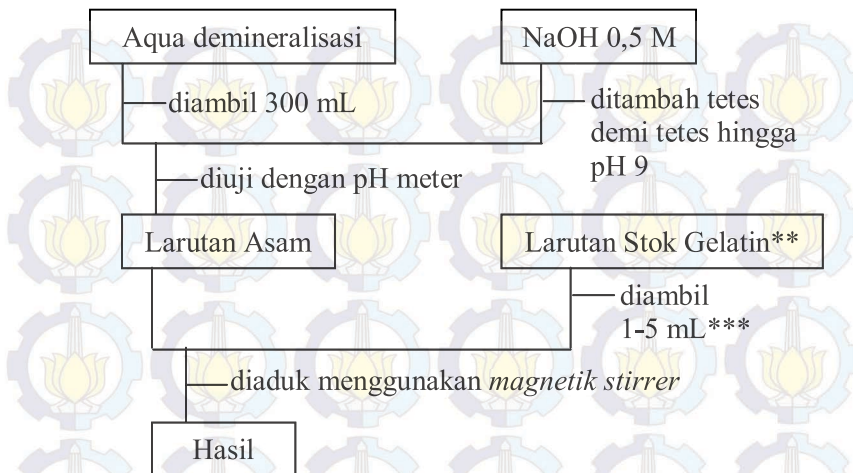
4.3. Pembuatan 300 mL Larutan Gelatin pH Asam



** dengan variasi gelatin: gelatin sapi dan gelatin babi

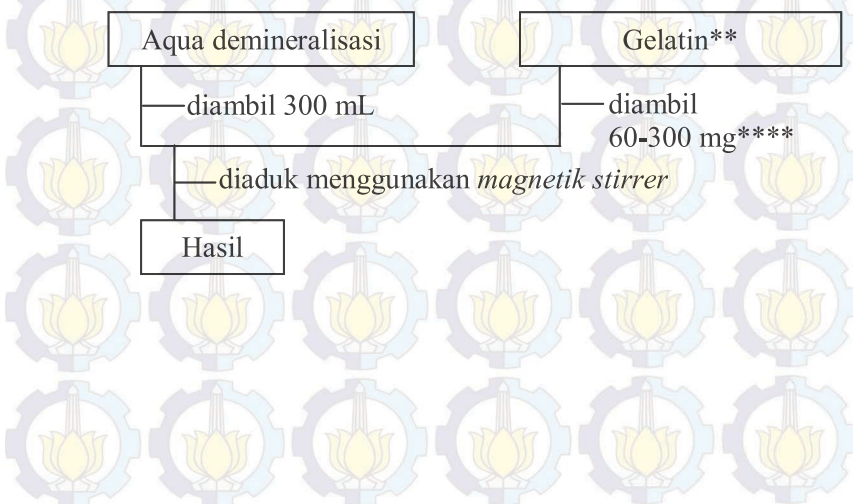
*** diambil sesuai dengan lampiran B.2

4.4. Pembuatan 300 mL Larutan Gelatin pH Basa



5. Pembuatan Larutan untuk Pengujian dengan QCM Dikombinasi dengan Siklik Voltametri

5.1. Pembuatan 300 mL Larutan Gelatin pH Netral

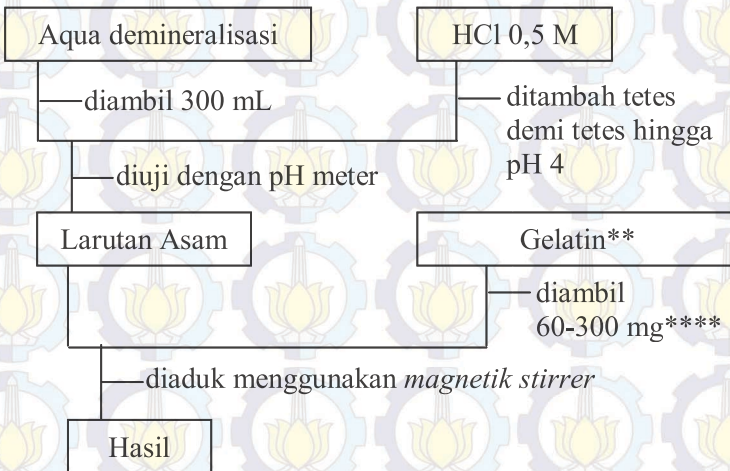


** dengan variasi gelatin: gelatin sapi dan gelatin babi

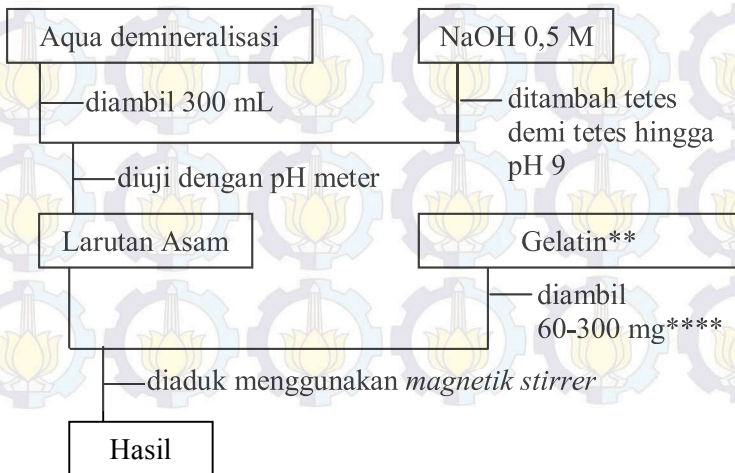
*** diambil sesuai lampiran B.2

**** diambil sesuai dengan lampiran B.3

5.2. Pembuatan 300 mL Larutan Gelatin pH Asam



5.3. Pembuatan 300 mL Larutan Gelatin pH Basa



** dengan variasi gelatin: gelatin sapi dan gelatin babi
**** diambil sesuai dengan lampiran B.3

LAMPIRAN B: PERHITUNGAN

1. Volume Anilin

Volume larutan anilin yang akan dibuat = 150 mL
= 0,15 L

M anilin = 0,1 M

Mr anilin = 93,13 g/mol

ρ anilin = 1,0217 g/mL

n anilin = $M \times V$

= 0,1 M \times 0,15 L

= 0,015 mol

m anilin = $n \times Mr$

= 0,015 mol \times 93,13 g/mol

= 1,39695 g

V anilin = m / ρ

= 1,39695 g / 1,0217 g/mL

= 1,36728 mL

= 1,4 mL

2. Perhitungan dalam Pembuatan Larutan Gelatin untuk Pengujian Dengan QCM

a) Pembuatan Larutan Stok Gelatin 30000 ppm 100 mL

$$30000\text{ppm} = \frac{30000\text{mg gelatin}}{1\text{ L air}} = \frac{3\text{g}}{100\text{mL}}$$

b) Pembuatan Larutan Gelatin 100 ppm 300 mL

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$30000\text{ppm} \times V_1 = 100\text{ppm} \times 300\text{mL}$$

$$V_1 = 1\text{mL}$$

c) Pembuatan Larutan Gelatin 200 ppm 300 mL

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$30000\text{ppm} \times V_1 = 200\text{ppm} \times 300\text{mL}$$

$$V_1 = 2\text{mL}$$

d) Pembuatan Larutan Gelatin 300 ppm 300 mL

$$\begin{aligned} M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\ 30000 \text{ ppm} \times V_1 &= 300 \text{ ppm} \times 300 \text{ mL} \\ V_1 &= 3 \text{ mL} \end{aligned}$$

e) Pembuatan Larutan Gelatin 400 ppm 300 mL

$$\begin{aligned} M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\ 30000 \text{ ppm} \times V_1 &= 400 \text{ ppm} \times 300 \text{ mL} \\ V_1 &= 4 \text{ mL} \end{aligned}$$

f) Pembuatan Larutan Gelatin 500 ppm 300 mL

$$\begin{aligned} M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\ 30000 \text{ ppm} \times V_1 &= 500 \text{ ppm} \times 300 \text{ mL} \\ V_1 &= 5 \text{ mL} \end{aligned}$$

3. Perhitungan dalam Pembuatan Larutan Gelatin untuk Pengujian dengan QCM Dikombinasi dengan Siklik Voltametri

a) Pembuatan Larutan Gelatin 200 ppm 300 mL

$$200 \text{ ppm} = \frac{200 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{60 \text{ mg}}{300 \text{ mL}}$$

b) Pembuatan Larutan Gelatin 400 ppm 300 mL

$$400 \text{ ppm} = \frac{400 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{120 \text{ mg}}{300 \text{ mL}}$$

c) Pembuatan Larutan Gelatin 600 ppm 300 mL

$$600 \text{ ppm} = \frac{600 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{180 \text{ mg}}{300 \text{ mL}}$$

d) Pembuatan Larutan Gelatin 800 ppm 300 mL

$$800 \text{ ppm} = \frac{800 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{240 \text{ mg}}{300 \text{ mL}}$$

e) Pembuatan Larutan Gelatin 1000 ppm 300 mL

$$1000ppm = \frac{1000mg}{1L} = \frac{300mg}{300mL}$$

3. Perhitungan dalam Pembuatan Larutan Gelatin untuk Pengujian LOD

a) Pembuatan Larutan Gelatin 200 ppm 300 mL

$$200ppm = \frac{200mg}{1L} = \frac{60mg}{300mL}$$

b) Pembuatan Larutan Gelatin 100 ppm 300 mL

$$\begin{aligned} M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\ 200ppm \times V_1 &= 100ppm \times 300mL \\ V_1 &= 150mL \end{aligned}$$

c) Pembuatan Larutan Gelatin 50 ppm 300 mL

$$\begin{aligned} M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\ 100ppm \times V_1 &= 50ppm \times 300mL \\ V_1 &= 150mL \end{aligned}$$

d) Pembuatan Larutan Gelatin 25 ppm 300 mL

$$\begin{aligned} M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\ 50ppm \times V_1 &= 25ppm \times 300mL \\ V_1 &= 150mL \end{aligned}$$

e) Pembuatan Larutan Gelatin 12,5 ppm 300 mL

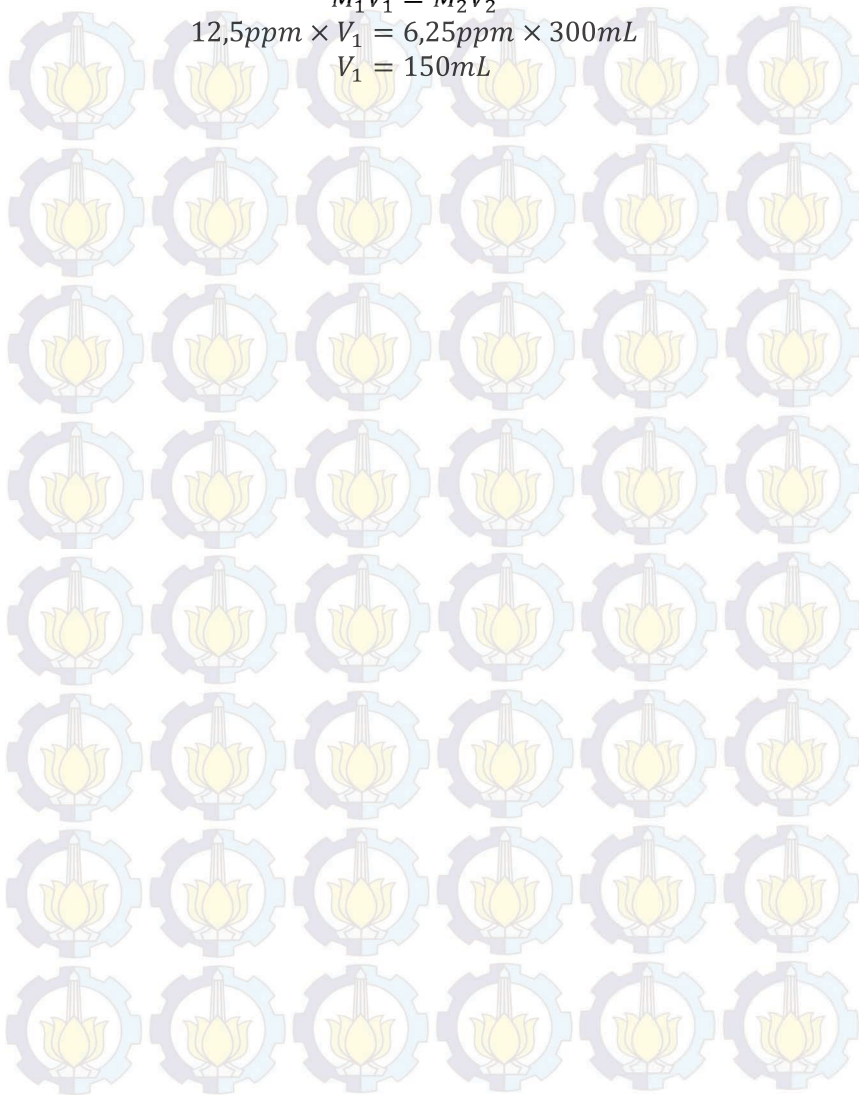
$$\begin{aligned} M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\ 25ppm \times V_1 &= 12,5ppm \times 300mL \\ V_1 &= 150mL \end{aligned}$$

f) Pembuatan Larutan Gelatin 6,25 ppm 300 mL

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$12,5\text{ppm} \times V_1 = 6,25\text{ppm} \times 300\text{mL}$$

$$V_1 = 150\text{mL}$$

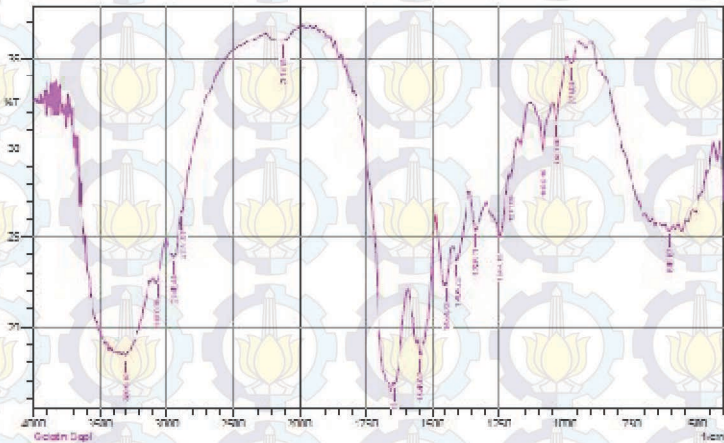


LAMPIRAN C : DATA KARAKTERISASI

1. FTIR

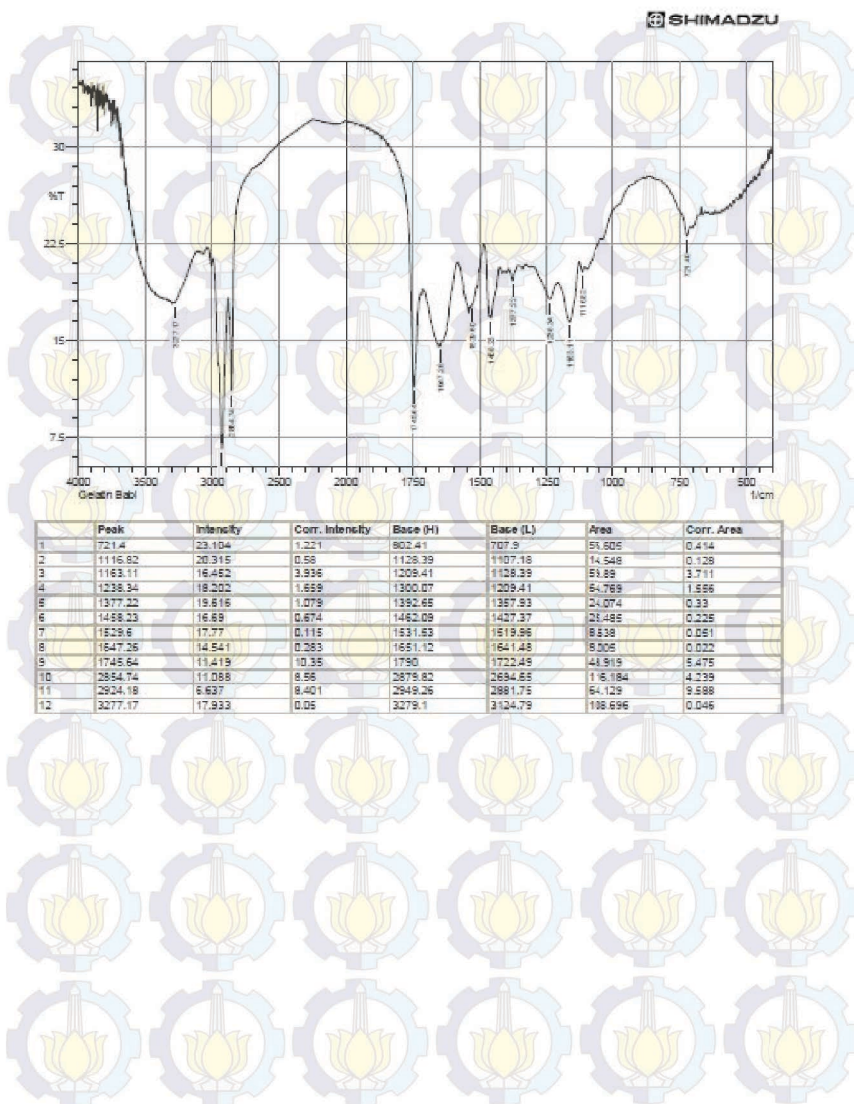
a. Gelatin Sapi Sebelum Perlakuan Siklik Voltametri

© HIMADZU

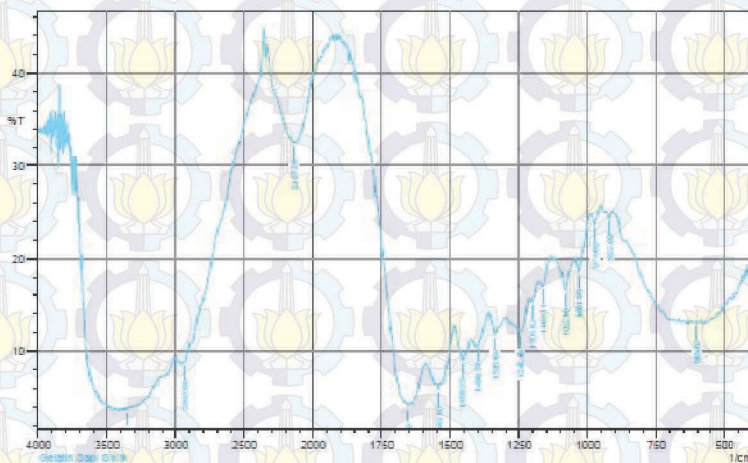


Peak	Intensity	Gain Intensity	Wave (cm⁻¹)	Wave (μm)	Area	Gain Area
1	674.67	74.154	3300.23	2.97117	17.114	0.021
2	274.03	34.59	2937.23	3.4081	7.454	0.021
3	1321.25	21.325	1651.17	6.0545	27.7	0.021
4	1352.1	23.807	1545.71	6.4738	42.444	0.047
5	1261.22	23.34	1453.23	6.8772	6.947	0.042
6	1264.14	23.827	1380.23	7.2464	43.513	0.075
7	1345.71	24.563	1265.23	7.8981	32.784	0.062
8	1404.22	23.7	1103.23	9.059	37.08	0.027
9	1434.73	21.257	1045.23	9.5651	15.889	0.034
10	1545.23	18.257	1015.23	9.8415	54.032	0.31
11	1541.46	16.703	1045.23	9.5651	40.232	0.306
12	2115.34	35.973	2101.48	4.758	11.58	0.007
13	2677.85	76.104	3665.6	2.70286	799.473	0.034
14	2845.4	23.551	3003.27	3.3295	70.447	0.073
15	3070.75	22.573	3071.11	3.0912	42.215	0.105
16	3305.1	18.267	3311.47	2.99102	36.55	0.103

b. Gelatin Babi Sebelum Perlakuan Siklik Voltametri



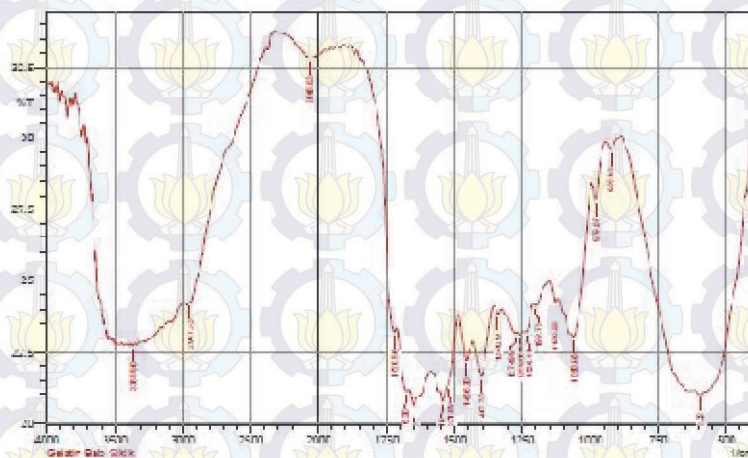
c. Gelatin Sapi Setelah Perlakuan Siklik Voltametri

 SHIMADZU


	Peak	Intensity	Cont. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Cont. Area
1	603.67	13.126	0.048	611.45	603.74	6.796	0.005
2	922	24.453	0.589	929.72	910.43	11.695	0.098
3	974.08	23.621	1.585	989.52	952.67	20.358	0.466
4	1021.95	16.530	2.571	1045.15	990.52	37.5	1.147
5	1082.1	16.587	3.498	1134.18	1047.38	62.843	2.373
6	1153.11	17.549	1.448	1175.62	1136.11	28.84	0.5
7	1203.62	15.389	0.767	1211.34	1176.56	25.818	0.362
8	1245.06	12.076	2.83	1296.21	1213.27	73.16	4.061
9	1336.64	11.849	2.001	1357.93	1296.14	53.204	1.904
10	1400.37	10.616	0.164	1402.3	1389.86	38.483	0.099
11	1458.23	8.985	0.899	1485.24	1452.45	32.075	0.601
12	1543.1	5.91	0.643	1554.68	1537.32	20.884	0.343
13	1654.96	4.150	0.257	1650.04	1651.12	10.550	0.119
14	2137.2	34.53	9.319	2341.66	1996.39	153.655	22.053
15	2937.66	8.735	0.351	2945.4	2891.39	54.797	0.51
16	3363.97	3.814	0.019	3365.9	3356.16	10.326	0.012

d. Gelatin Babi Setelah Perlakuan Siklik Voltametri

SHIMADZU



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	3300.62	23.552	0.1121	5.53.1	572.68	24.5077	0.0445
2	2933.33	29.8816	0.3086	5.32.2	887.28	25.4347	0.1172
3	1720.56	51.6413	1.0048	644.3	841.57	78.117	0.7481
4	1651.18	23.6410	0.0021	1072.40	200.3	40.3000	0.0470
5	1551.59	24.188	0.4019	1149.51	1118.75	18.8919	0.1111
6	1456.5	24.122	0.171	1207.48	1151.54	34.1165	0.0601
7	1340.57	22.1926	0.2969	1244.19	1269.11	21.7768	0.0466
8	1239.61	22.1138	0.0985	1271.13	1248.36	12.994	0.0185
9	1199.52	22.1581	0.0523	1325.14	1273.26	32.7188	0.0161
10	1100.09	22.6152	0.2466	1354.07	1327.27	16.758	0.0585
11	1060.09	22.6216	0.462	1379.2	1266	17.2669	0.1181
12	1020.09	22.185	0.145	1431.31	1431.23	53.4311	0.048
13	975.67	21.2823	0.1283	1485.34	1485.34	34.3051	0.04
14	925.22	21.7577	0.4095	1487.15	1515.14	18.7485	0.1873
15	875.67	22.0044	0.0723	1556.40	1556.4	52.4320	0.0602
16	825.22	21.0094	0.2125	1612.45	1612.45	25.7173	0.2118
17	770.56	21.1847	0.6848	1642.08	1712.35	70.0162	0.1803
18	720.56	32.8286	0.0714	2256.43	2054.16	101.3931	0.0615
19	664.3	24.2000	0.001	2349.20	2307.30	201.0244	0.1402
20	624.3	22.7388	0.05	2381.25	2350.46	19.8954	0.0192

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Skema Kerja.....	81
Lampiran B : Perhitungan	87
Lampiran C : Data Karakterisasi	91

